

CURSO DE PÓS GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA FLORESTAL
SETOR DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

TABELAS DE VOLUME PARA POVOAMENTOS NATIVOS DE
CANAFÍSTULA (Leguminosae), CEDRO (Meliaceae),
PAU MARFIM (Rutaceae) E CANELAS (Lauraceae) ,
NO EXTREMO OESTE PARANAENSE.

NIRO HIGUCHI
Março, 1.978

TABELAS DE VOLUME PARA POVOAMENTOS NATIVOS DE
CANAFÍSTULA (Leguminosae), CEDRO (Meliaceae),
PAU MARFIM (Rutaceae) E CANELAS (Lauraceae),
NO EXTREMO OESTE PARANAENSE.

D I S S E R T A Ç Ã O

Submetida à consideração da Comissão Examinadora como requisito parcial na obtenção de título de:

Mestre em Ciências - M.Sc.

no

CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA FLORESTAL
DO SETOR DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS DA UNIVERSIDADE
FEDERAL DO PARANÁ

APROVADA:



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO E CULTURA
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
SETOR DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS

COORDENAÇÃO DO CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA FLORESTAL

PARECER

Os membros da Comissão Examinadora designada pela Coordenação do Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal para realizar a arguição da Dissertação de Mestrado apresentada pelo candidato NIRO HIGUCHI, sob o título "TABELAS DE VOLUME PARA POVOAMENTOS NATIVOS DE CANAFÍSTULA (Leguminosae), CEDRO (Meliaceae), PAU MARFIM (Rutaceae) E CANELAS (Lauraceae), NO EXTREMO OESTE PARANAENSE", para obtenção do grau de Mestre em Ciências - Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, Área de Concentração: MANEJO FLORESTAL, após haver analisado o referido trabalho e arguido o candidato, e realizada a atribuição de conceitos, são de parecer pela "Aprovação com Mérito" da Dissertação completando assim os requisitos necessários para receber o Grau e o Diploma de Mestre.

Curitiba, 29 de março de 1978.

Professor Joaquim Sena Maia - M.Sc.
Primeiro Examinador

Professor Joésio Decellecto Pierin Siqueira - MS
Segundo Examinador



Professor Ahi Bhusan Rudra - Dr.
Presidente

À Coordenação do curso de Pós-graduação em Engenharia Florestal da Universidade Federal do Paraná, pela oportunidade ; ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, pelo apoio financeiro; e a todos aqueles que direta ou indiretamente contribuíram com a realização do presente trabalho de pesquisa,

AGRADEÇO

Aos meus pais
e irmãos

À Maria e à Luciana

DEDICO

BIOGRAFIA

O autor nasceu na cidade de Jacarêzinho, estado do Paraná, Brasil, no dia 1º de março de 1.952.

Realizou seus estudos, primário e ginasial, no Colégio Estadual e Escola Normal "Dr. Ernesto Fonseca", em Chavantes, estado de São Paulo.

Concluiu o curso de Técnico Agrícola no Colégio Técnico Agrícola Estadual "Luiz Pires Barbosa", em Candido Mota, estado de São Paulo.

Em 1.975 concluiu o curso de Engenharia Florestal do Setor de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Paraná, Curitiba, estado do Paraná.

E em março de 1.976 iniciou o curso de Pós-graduação em Engenharia Florestal.

INDICE

	pág.
1. Introdução	01
1.1. Natureza e implementação da pesquisa	01
1.2. Objetivos	04
2. Revisão da Literatura	05
2.1. Distribuição geográfica das espécies florestais	05
2.2. Determinação do volume real	07
2.2.1. Fórmulas padrões	07
2.2.2. Deslocamento de líquidos	08
2.2.3. Estimativa gráfica	08
2.3. A influência da casca na comercialização da madeira.	09
2.4. Fator de forma	09
2.5. Tabelas de volume	10
2.5.1. Definições e aplicações	10
2.5.2. Construção de uma tabela de volume	12
2.6. Equações de volume	12
2.7. Regressão	13
2.7.1. Regressão linear simples	14
2.7.2. Regressão linear múltipla	15
2.7.3. Regressão não linear	16
2.8. Variáveis "dummy"	17
3. Materiais e métodos	19
3.1. Espécies florestais envolvidas na pesquisa	19
3.1.1. Canafístula	19
3.1.2. Cedro	19
3.1.3. Pau-marfim	20
3.1.4. Canelas	21
3.2. Local de estudo	21
3.2.1. Localização, aspectos fisiográficos e extensão da área de coleta de dados	21
3.2.2. Tipos de solo	22
3.2.3. Clima	23
3.2.4. Hidrografia	25
3.2.5. Geologia	26
3.3. População florestal estudada	27
3.4. Tipo de amostragem	27
3.5. Coleta de dados	28
3.5.1. Diâmetros	28
3.5.2. Alturas	29
3.6. Método de determinação do volume real	29
3.7. Equações volumétricas	30

3.7.1. Equação da variável combinada	30
3.7.2. Equação ponderada	30
3.8. Aplicação de variáveis "dummy" na determinação de coeficientes de regressão e testes de hipótese	31
3.8.1. Determinação dos coeficientes da regressão gigante	31
3.8.2. Testes de hipótese	32
3.9. Número de amostras	33
3.10. Teste de Bartlett	33
3.11. Percentagem de casca	33
3.12. Fator de forma	34
4. Resultados	35
4.1. Teste de homogeneidade da variância	35
4.2. Equações volumétricas	35
4.3. Análise estatística dos grupos de espécies florestais envolvidos pelo trabalho	35
4.4. Variáveis "dummy"	36
4.5. Número de amostras e coeficiente de variação	36
4.6. Fator de forma e percentagem de casca	36
4.7. Tabelas de volume	36
4.8. Função da altura comercial	37
4.9. ANOVA das equações testadas	37
4.10. Testes de hipóteses	37
5. Discussão	38
6. Conclusões e recomendações	39
7. Resumo	40
8. Summary	41
9. Literatura consultada	42
APÊNDICE	45

LISTA DE FIGURAS

	pág.
01. Tipos de solo da região estudada	45
02. Balanço Hídrico para Foz do Iguaçu	46
03. Balanço Hídrico para Santa Helena	47
04. Balanço Hídrico para Mal. Candido Rondon	48
05. Balanço Hídrico para Guaíra	49
06. Exemplo de resíduos entre observações e estimadores - modelo para volume sem casca	62
07. Distribuição dos resíduos (padronizados) - modelo para volume sem casca	63
08. Distribuição dos volumes comerciais sem casca (m^3) em relação ao D^2H	64
09. Distribuição dos volumes comerciais com casca (m^3) em relação ao D^2H	65
10. Relação entre o fator de forma comercial de cada espé- cie e seus respectivos D^2H	66
11. Distribuição das percentagens de casca em relação a D^2H	67

LISTA DE QUADROS

01. Relação das equações volumétricas mais utilizadas para a determinação de volume individual	50
02. Teste de Bartlett para a espécie florestal pau marfin envolvida pelo trabalho, em relação ao volume sobre casca	51
03. Análise dos coeficientes de regressão de volume sem casca	52
04. Equações obtidas a partir do método dos mínimos quadra- dos	53
05. Descrição das sub-populações estudadas de acordo com o volume comercial sem casca	54
06. Análise da variância e teste de linearidade das sub-po- pulações estudadas	55
07. Número de amostras por classe de diâmetro e altura ne- cessárias para a elaboração de tabelas de volume . . .	56
08. Modelo de regressão gigante e modelos sob hipótese . .	57
09. Teste de paralelismo das equações de regressão	58
10. Equações para a determinação do fator de forma comer- cial sem casca para cada espécie florestal e equações para a determinação da percentagem de casca em relação ao volumes comerciais, com e sem casca	59

11. Função da altura comercial em relação a altura total e ao diâmetro à altura do peito (DAP), para as quatro espécies florestais estudadas	60
12. ANOVA das equações	61
13. Testes de hipóteses	62
14. Tabela de volume comercial sem casca para espécie florestal Canafístula	69
15. Tabela de volume comercial sem casca para a espécie florestal Cedro	70
16. Tabela de volume comercial sem casca para a espécie florestal Pau-marfim	71
17. Tabela de volume comercial sem casca para a espécie florestal Canela	72
18. Tabela de volume comercial com casca para a espécie florestal Canafístula	73
19. Tabela de volume comercial com casca para a espécie florestal Cedro	74
20. Tabela de volume comercial com casca para a espécie florestal Pau-marfim	75
21. Volume comercial com casca para a espécie florestal Canela	76

1. INTRODUÇÃO

1. INTRODUÇÃO

1.1. Natureza e implementação da pesquisa:

Apesar do grande desenvolvimento tecnológico, nacional e importado, dos equipamentos destinados à exploração madeireira, pouco se tem feito no Brasil em termos de pesquisas florestais.

Especificamente no extremo oeste paranaense, até a presente data não existe nenhuma pesquisa registrada na literatura florestal brasileira. Isso pode ser considerado como um contra-senso, ao levarmos em conta que, as matas nativas de folhosas dessa região tiveram acentuadas influências no seu desenvolvimento sócio-econômico. Tiveram influências negativas por ocasião do recebimento dos primeiros colonizadores que vieram à região com os firmes propósitos de obter terras para culturas, posicionando as florestas como empecilhos para o desenvolvimento agrícola de uma região que pode ser considerada como agricultável por excelência. Através da depredação inconsciente e inevitável dos agricultores, surgiram as indústrias madeireiras ansiosas por explorar uma área onde a matéria prima florestal, escassa em outros centros, era abundante e barata.

Com o advento de modernas serrarias e laminadoras na área em questão, os empecilhos foram se transformando gradativamente num empreendimento altamente rentável, caracterizando e justificando a super valorização dessas terras.

Essa exploração esmagadora, num ritmo surpreendentemente acelerado, deu à região um aspecto totalmente diferente daquele que, em sua antiguidade fôra desconhecida e inaccessível para os desbravadores e aventureiros de outros centros, traduzido em relevantes benefícios sociais para a região. Os aglomerados de casas, pequenas vilas, se transformaram em cidades e as cidades foram se ligando entre si através das mais modernas redes viárias, voltadas aos centros consumidores da produção local, ou seja, às grandes cidades e portos.

O desenvolvimento dessa região obedeceu a mesma sequência de progressos de uma outra região qualquer já desenvolvida em condições similares, tendo como principais pontos de apoio, duas das mais importantes cidades turísticas do estado do Paraná, Foz do Iguaçu e Guaíra.

A necessidade em transformar as florestas em cam-

pos de culturas anuais e as facilidades encontradas para a obtenção de matéria prima para as indústrias madeireiras, contribuíram grandemente na aceleração do devastamento dessa região, atingindo cerca de 53% de sua cobertura original, segundo cálculos efetuados sobre fotografias aéreas do vôo da Cruzeiro do Sul, realizado para a empresa Itaipu Binacional, em 1974. Até a presente data, esse índice deve ter aumentado consideravelmente, em consequência da iminente inundação que a represa da hidrelétrica Itaipu proporcionará a essa região, após o pleno funcionamento da mesma.

As espécies florestais mais atingidas por essa devastação foram aquelas que melhores produtos florestais forneciam para as indústrias madeireiras. Entre elas podemos ' destacar as leguminosas como a Canafístula, Alecrim, Sapuva' e Timbaúva; as lauráceas como as diversas espécies de Canela; as meliáceas como Cedro e Canjerana; e as rutáceas como o ' Pau-marfim.

Por esta razão, o presente trabalho de pesquisa ' se fundamenta nas principais espécies atingidas, tais como a Canafístula, as Canelas, o Cedro e o Pau-marfim. Segundo os resultados preliminares do Inventário Florestal dessa região o qual está sendo realizado pelo Centro de Pesquisas Florestais do Paraná, através do Convênio U.F.PR./ITAIPU BINACIONAL, a Canafístula contribui com aproximadamente 5% do volume total estimado da área estudada e mais ou menos 1% do número total de árvores estimado; o Cedro com aproximadamente 2.5% do volume e mais de 3% do número de árvores; o Pau-marfim com mais de 5% do volume e mais ou menos 5% do número de árvores; e as Canelas com aproximadamente 16% do volume e ' mais de 19% do número de árvores. A descrição individual dessas espécies será apresentada posteriormente no capítulo II desse trabalho.

Com a valorização dessas espécies, através dos ' tempos, a comercialização delas se tornou uma transação mais precisa e ponderada. Atualmente, a madeira já não é mais comercializada por lote ou por qualquer outra indefinida unidade de medida. Hoje, as madeiras remanescentes na área em estudo são comercializadas como qualquer outro produto, de a acordo com as especulações da oferta e procura. A variável ' mais comumente utilizada para a avaliação do potencial de um ' determinado povoamento florestal, ou mesmo de somente uma árvore, é o volume. O volume é normalmente medido em metros cú

bicos ou esteres, após uma prévia avaliação da qualidade da madeira envolvida na transação.

A dificuldade na determinação do volume individual ou de todo o povoamento está diretamente ligado aos custos operacionais e a própria precisão do trabalho. Diante desses fatos, urge a necessidade de se avaliar o potencial volumétrico de maneira mais precisa possível, para um menor custo. Isto só é atendido através de fórmulas matemáticas, mundialmente consagradas nos meios florestais, as quais se apoiam basicamente na relação existente entre o volume de uma árvore e sua altura e diâmetro.

As fórmulas matemáticas utilizadas para o cálculo do volume individual de uma árvore permitem, com um limite de erro pré-estabelecido, a elaboração de tabelas de volume para uma espécie florestal dentro de uma determinada região, podendo ser extrapolada para outras espécies e regiões, desde que apresentem similaridades em suas características básicas.

A utilização de tabelas de volume para a determinação do potencial volumétrico de uma área florestal, reduz indubitavelmente o tempo e consequente custo operacional de um levantamento florestal qualquer. Reduzindo os custos, aumentam as possibilidades de implantação de inventários florestais com mais frequência, em atendimento a planos de manejo florestal, compatíveis com as necessidades e peculiaridades de uma região, possibilitando automaticamente a aplicação de uma política florestal severa e, ao mesmo tempo, racional. Tudo isso é viável desde que se tenha argumentos para uma decisão deste nível. No campo de Engenharia Florestal o argumento mais convincente é ainda o potencial volumétrico da área em questão, de forma real e quantitativa.

O problema de custos operacionais em inventários florestais em áreas onde não existem tabelas de volume, pode ser facilmente visualizado através de dados recentes do Inventário Florestal que está sendo realizado na área a ser desapropriada pela Itaipu Binacional, no qual uma verba de aproximadamente Cr\$ 150000,00 foi utilizada para a obtenção da melhor equação volumétrica para os cálculos requeridos pelo planejamento do Inventário, onde o potencial volumétrico dessa região é tido como objetivo principal.

Entretanto, com a utilização de tabelas de volume, o custo total desse trabalho de inventário florestal poderia

ser reduzido em torno de 10%, comprovando daí, a validade e a extrema necessidade da elaboração de volumes.

Diante desses fatos, a maneira mais viável para se chegar a uma conciliação racional entre o fator econômico e a precisão de um trabalho de inventário florestal que, para este caso específico é a avaliação do potencial volumétrico das matas nativas remanescentes do extremo oeste paranaense deverá ser feita através da utilização de tabelas de volume bem conduzidas, as quais tem condições de fornecer estimativas de volume tão precisas quanto aquelas alcançadas por outros métodos, pois as mesmas estarão também sujeitas a erros, amostrais e não amostrais.

1.2. Objetivos:

O presente trabalho de pesquisa será desenvolvido com o propósito principal de facilitar os futuros trabalhos de inventário florestal na região compreendida pelo extremo oeste paranaense, após se testar as equações volumétricas, destinadas à elaboração de tabelas de volume para as diferentes espécies florestais que ocorrem em maior número na região em estudo, como também aquelas consideradas de maior expressão social e econômica para essa área e seus arredores, tais como a Canafístula, o Cedro, o Pau-marfim e as Canelas.

Partindo dessa premissa será elaborada uma tabela de volume para cada espécie florestal, anteriormente especificada, sendo também testada a viabilidade de utilização de uma só equação volumétrica para a elaboração de uma tabela de volume que represente as quatro espécies em estudo, através de testes de significância dos coeficientes angulares das equações obtidas a partir de regressões.

Maior enfoque será dado, no decorrer desse trabalho, sobre a questão do volume comercial da madeira em condições de ser industrializada, ou seja, descascada. Entretanto, atenções especiais serão dadas aos problemas de percentagem de casca, fator de forma e altura comercial.

2. REVISÃO DA LITERATURA

2. REVISÃO DA LITERATURA

2.1. Distribuição geográfica das espécies florestais:

Na área em estudo o caráter geral da vegetação é de uma floresta sub-tropical de 20 a 30 metros de altura, com uma alta densidade de vegetação inferior, lianas e epífitas, segundo MAACK (24). Ocorre ainda, em certos lugares um grande número de samambaias arborescentes. MAACK (24) considera insuficientes essas informações para dar uma imagem clara e completa da riqueza dessas matas, pois são insignificantes o número e tamanho de áreas virgens nesta região. Em relação a formação original, as poucas áreas de mata ainda existentes estão, na sua maioria, profundamente modificadas pela retirada de madeira.

Segundo MAACK (24), ao sul do divisor de águas Ivaí-Piquiri, a mata pluvial sub-tropical se transforma gradativamente em sub-tropical, sem nítidos limites climáticos ou biológicos. A oeste, estende-se além do rio Paranã, já em território paraguaio, exibindo a mesma exuberância em espécies da mata pluvial tropical. As matas pluviais sub-tropicais se desenvolvem sobre férteis solos de terra roxa, provenientes da decomposição de lavas básicas da camada de trapp. As ocorrências de espécies florestais mais importantes no oeste e parte do sudoeste paranaense são caracterizadas pelo recuo do Palmito (Euterpe edulis) e a pequena altura de seu tronco, a presença de agrupamentos de fetos arbóreos e a riqueza em leguminosas. A Peroba se tornou rara, ocorrendo em seu lugar outras espécies de leguminosas como o Alecrim, Angico, Canafístula, Cabreúva, Sapuva e Timbaúva. Seguem-se as diversas espécies da família Lauraceae, principalmente as Canelas. Da família Meliaceae destacam-se principalmente o Cedro e a Canjerana. Citam-se ainda a Guajuvira (Boraginaceae), o Pau-marfim (Rutaceae), o Guatambú (Apocinaceae) o Araticum (Anonaceae), o Açoita-cavalo (Tiliaceae) e outras. As pteridófitas são representadas através de treze espécies de Cyathea e trinta e duas de Alsophila.

Segundo RIZZINI/MORS (33), a Canafístula (Peltophorum dubium) é muito difundida nas matas, desde o estado do Ceará até o Paranã; o Cedro (Cedrela fissilis Vell.) é a espécie de Cedrela mais frequente, ocorrendo desde o estado do Pará até a República Argentina, sendo bastante comum do estado de Minas Gerais ao Rio Grande do Sul; o Pau-marfim

(Balfourodendron riedelianum Engl.) é abundante do estado' de São Paulo até o Rio Grande do Sul e países vizinhos; e o grupo de Canelas mais importantes do ponto de vista comercial provém do sul do País, principalmente do estado de Santa Catarina.

De acordo com MAINIERI (26), a zona de maior ocorrência da Canafístula é a região de mata no estado de Minas Gerais. É comum nos afluentes do rio Grande, sendo também encontrada, com certa frequência, no interior dos estados de São Paulo e Paraná. O Cedro é comum em quase todo território florestal brasileiro, desde a região amazônica, onde é menos frequente, até o estado do Rio Grande do Sul. O Pau-marfim é uma espécie quase que exclusiva da região sul do País, principalmente na região oeste dos estados de São Paulo, Paraná e Santa Catarina. As Canelas são abundantes desde o estado do Espírito Santo até Santa Catarina, principalmente nas terras altas e vertentes das serras da Mantiqueira e a do Mar.

RIZZINI (32) considera a Canafístula como uma espécie muito difundida nas matas e ocasionalmente nos cerrados, desde o estado do Ceará até o Paraná. O Cedro como ocorre em todo o território nacional onde haja florestas, sejam secas ou úmidas. O Pau-marfim como uma espécie muito abundante no sul do Brasil, desde o estado de São Paulo até o Rio Grande do Sul, estendendo-se ainda à Argentina e Paraguai, sendo particularmente numerosos nas florestas do oeste e norte do estado do Paraná, onde ainda é vulgar em capoeiras. E as Canelas, abundantes desde o estado de São Paulo até o Rio Grande do Sul, alcançando ainda o Uruguai e Paraguai, sendo muito comum no este de Santa Catarina.

Segundo a REVISTA DA MADEIRA (11), a Canafístula ocorre na zona da mata no estado de Minas Gerais, sendo comum nos afluentes do rio Grande, podendo ser encontrada também, com certa frequência, no interior dos estados do Paraná e São Paulo. O Cedro aparece em quase toda a região amazônica, sendo mais frequente no sul do estado da Bahia, no vale do rio Doce, no estado de Santa Catarina, ocorrendo também no estado de São Paulo, no norte do estado do Paraná e no estado do Mato Grosso, até a fronteira com o Paraguai. O Pau-marfim ocorre na mata de terra firme, seca e baixa, nas terras vizinhas dos campos e nos terrenos argilosos. As Canelas ocorrem nas terras altas e vertentes das serras da Manti

queira e do Mar, desde o estado do Espírito Santo até Santa Catarina.

Segundo PIO CORREA (31) e SCHULTZ (34), o Cedro ocorre em todo o território nacional.

2.2. Determinação do volume real:

O volume é a magnitude tri-dimensional de um objeto, sendo expresso em unidades cúbicas, as quais são derivadas de alguma das unidades de comprimento (20).

Em se tratando de volume de uma árvore, deve ser levado em consideração que a mesma consiste basicamente de quatro partes: as raízes, o toco (até a altura de corte) , o tronco (fuste) e a copa, sendo o tronco a porção mais importante da árvore, em termos de madeira aproveitável. Uma vez que as raízes e o toco são frequentemente menos utilizados nas indústrias madeireiras, pouca atenção tem sido dada para a determinação de seus volumes. Por outro lado, existe normalmente necessidade em se calcular o volume da copa.

Os métodos de determinação do volume real de uma árvore, considerados importantes no campo de Engenharia Florestal, podem ser classificados como: fórmulas padrões, deslocação líquida e estimativa gráfica.

2.2.1. Fórmulas padrões:

Essas fórmulas podem ser usadas para calcular o volume, baseadas nos sólidos geométricos. As adaptações dessas fórmulas são de muita importância na medição florestal (20), podendo ser sumarizadas da seguinte maneira:

Equações para calcular o volume cúbico de sólidos sólido equação de volume (cúbico)

cilindro	$V = A_b \cdot h$
parabolóide	$V = 1/2 (A_b \cdot h)$
cone	$V = 1/3 (A_b \cdot h)$
neilóide	$V = 1/4 (A_b \cdot h)$
parabolóide(tronco)	$V = h/2 (A_b + A_u) - \text{Smalian}$ $V = h(A_m) - \text{Huber}$
cone (tronco)	$V = h/3 (A_b + \sqrt{A_b \cdot A_u} + A_u)$
neilóide(tronco)	$V = h/4 (A_b + \sqrt[3]{A_b^2 \cdot A_u} + \sqrt[3]{A_b \cdot A_u^2} + A_u)$

neilóide, cone ou $V = h/6 (A_b + 4A_m + A_u)$ - Newton
 parabolóide (tronco)

onde:

h = altura

A_b = área transversal da base

A_m = área transversal do ponto médio do tronco

A_u = área transversal do topo

V = volume

Como uma regra geral, segundo AVERY (02), as árvores se aproximam da forma dos neilóides truncados, enquanto os efeitos da dilatação da base são aparentes. As toras da seção mediana do tronco são similares aos cones truncados, enquanto que as toras da extremidade da árvore se aproximam à forma da parábola. Do precedente, pode ser generalizado que a forma da árvore se assemelha ao neilóide quando o afilamento tende a diminuir, ao cone quando o afilamento é relativamente constante e à parabolóide quando o afilamento tende a aumentar.

Os volumes de todos os sólidos de revolução são calculados através do produto da área transversal média pelo comprimento. Assim, a principal dificuldade é a determinação apurada da indefinível seção transversal da metade da árvore (02). As fórmulas mais utilizadas para a determinação do volume individual de uma árvore, segundo AVERY (02), são: a de Huber, a de Smalian e a de Newton.

2.2.2. Deslocamento de líquidos:

Uma determinação direta do volume de sólidos geométricos pode ser obtida através do deslocamento de líquidos. Se um sólido é completamente imerso em algum líquido, ele deslocará um volume desse líquido igual ao seu próprio volume. Este procedimento é importante na determinação de volume de objetos que apresentam formas irregulares, dificilmente operados através de fórmulas padrões, ou com superfícies não expressáveis como funções matemáticas (20).

2.2.3. Estimativa gráfica:

A solução gráfica é mais flexível que os outros métodos, uma vez que é aplicável a todos os sólidos

de revolução, sem considerar as suas características superficiais. Essa solução, segundo HUSCH (20), consiste em marcar uma série de medições de diâmetro, em termos de áreas transversais, sobre a altura e, posteriormente determinar de uma maneira gráfica a área sob a curva. Esta área é convertida em volume cúbico, usando um fator de conversão apropriado e pode ser obtida, precisamente, através de um planímetro ou uma rede de pontos.

2.3. A influência da casca na comercialização da madeira:

HUSCH (20) considera que há necessidade de se conhecer mais precisamente o volume de casca para poder determinar, com segurança, o fuste descascado ou o volume da tora sem casca, a quantidade de resíduos de casca que será retirada antes da industrialização e, em casos onde a casca é utilizada, a quantidade de casca disponível.

Segundo LOETSCH (23), as indústrias madeireiras normalmente compram toras descascadas. Na Alemanha, por exemplo, a unidade de medição de árvores derrubadas é baseada no diâmetro ou circunferência sem casca, de acordo com instruções preliminares. Para permitir uma comparação com o estoque de crescimento medido com casca, a madeira explorada tem que ser transformada em volume de estoque com casca ou uma dedução para a casca tem que ser feita do volume determinado no Inventário Florestal.

Em vários países, como nos Estados Unidos, França e Suécia, o corte é feito pelos compradores, após a seleção e marcação das árvores para a derrubada. O volume é determinado sobre o povoamento florestal, normalmente expresso em volume sem casca, o que serve como base para os cálculos do preço de venda (23).

Na maioria dos países tropicais, somente o volume sem casca, é de interesse comercial (20).

Na prática de inventário florestal, segundo LOETSCH (23), existem duas maneiras para obter a dedução da casca em percentagem, que são: derivar o fator casca de suas próprias medições de espessura dupla de casca e diâmetro à altura do peito (DAP) ou fazer uso de percentagem geral de volume da casca obtida pelas estações de pesquisas florestais da área.

2.4. Fator de Forma:

Segundo HUSCH (20), o fator de forma é a relação entre o volume de uma árvore e o volume de um sólido geométrico com o mesmo diâmetro e altura.

$$FF = \frac{\text{volume da árvore}}{\text{volume do sólido geométrico}}$$

De acordo com LOETSCH (23), depois do diâmetro e a altura, a forma é a terceira variável utilizada para a determinação do volume de uma árvore, $V = \pi/d^2 \cdot h \cdot FF = g \cdot h \cdot FF$.

O diâmetro utilizado para a determinação da área basal (g) é o diâmetro à altura do peito (DAP). O fator de forma resultante é denominado, segundo LOETSCH (23), como fator de forma à altura do peito ou também, fator de forma artificial porque o mesmo não fornece uma expressão verdadeira da forma do fuste.

Segundo LOETSCH (23), se o diâmetro de referência é localizado à uma altura relativa do fuste, um fator de forma natural é obtido. W. HOHENADL (1936) propôs uma altura relativa de 1/10. A vantagem da medição de pontos morfológicamente equivalentes com árvores de diferentes forma e altura, é que estes diâmetros são mais estreitamente ligados ao volume da árvore. O fator de forma natural é, por esta razão, consideravelmente uma quantidade mais eficiente na descrição da forma atual de uma árvore. Entretanto, as dificuldades encontradas na prática em se medir diâmetros em altura relativa, principalmente em árvores em pé, fazem com que os inventários florestais utilizem quase que exclusivamente os fatores de forma à altura do peito ou um outro fator de forma artificial (acima da sapopema).

O fator de forma é comumente uma variável dependente em relação ao DAP e a altura total (23).

Considerando que a determinação do fator de forma atual é um tanto onerosa, LOETSCH (23) recomenda a utilização de tabelas ou equações de fator de forma, baseadas no DAP, altura e, às vezes, o comprimento da copa.

2.5. Tabelas de volume:

2.5.1. Definições e aplicações:

Segundo ANUCHIN (01), tabelas de volume são listagens de relações numéricas compiladas de acordo com um sistema definido, nas quais são caracterizados os volumes médios para árvores de diferentes espécies, diâmetros, alturas e formas.

JERRAM (21) define uma tabela de volume como uma demonstração tabular dos volumes médios de árvores, em relação à circunferência, diâmetro, altura ou fator de forma, podendo ser utilizada para a determinação da estimativa do volume de árvores derrubadas ou em pé.

LOETSCH (23), GOMES (18) e HUSCH (20) consideram a tabela de volume como uma relação gráfica ou numérica obtida a partir de uma equação volumétrica em função de algumas variáveis bem correlacionadas com o volume tais como o diâmetro, a altura e o fator de forma.

De acordo com CHAPMAN & MEYER (05), as árvores de uma mesma espécie, com idênticos diâmetros à altura do peito (DAP) e alturas totais, não tem necessariamente o mesmo volume. Por esta razão, uma tabela de volume universal, aplicável a todas as condições e espécies, é impossível.

Os fatores que influenciam o volume de uma árvore são: diâmetro ou circunferência, altura e forma, segundo JERRAM (21). Por outro lado, ANUCHIN (01) afirma que os fatores de forma de árvores de mesmas dimensões são, usualmente, similares.

JERRAM (21) afirma que as considerações que pesam na escolha de uma ou mais variáveis, sobre as quais as tabelas de volume serão baseadas, podem ser a simplicidade nas suas aplicações e a precisão. As tabelas baseadas numa só variável, tabelas de volume de simples entrada ou locais, atendem perfeitamente a primeira consideração, mas a sua precisão fica muito a desejar e, segundo GOMES (18), essas tabelas de volume são ultrapassadas.

Para a maioria dos pesquisadores florestais, as tabelas de volume de dupla entrada, tendo como base a altura e o DAP, são as mais utilizadas para se estimar o volume de uma árvore.

Segundo JERRAM (21), as tabelas de volume de dupla entrada podem ser utilizadas para: (a) estimar o volume do estoque de crescimento como base para a organização de manejo florestal; (b) estimar o volume das árvores em pé, antes da exploração, para regular a produção, conforme o plano de trabalho e (c) estimar o volume do produto madeireiro a ser vendido ou para re-

gular a produção, de acordo com as necessidades de uma serraria.

2.5.2. Construção de uma tabela de volume:

Existem basicamente duas maneiras para se construir uma tabela de volume. Uma é através de gráficos e outra, através de modelos matemáticos.

Segundo HUSCH (20), o interesse atual está mais voltado à utilização de modelos ou funções matemáticas para a preparação de tabelas de volume, porque não é vantagem para a maioria dos pesquisadores florestais, o uso de qualquer outro método.

CHAPMAN & MEYER (05) cita ainda mais dois métodos, mas garante que os modelos matemáticos ou funções matemáticas são bem sucedidos na construção de tabelas de volume. Outros autores como SPURR (39), GOMES (18) BRUCE & SCHUMACHER (04), não contestam a afirmativa anterior de HUSCH (20).

A construção, propriamente dita, de uma tabela de volume deve seguir os seguintes passos:

- (a) fazer uma cubagem rigorosa de um certo número de árvores, com e sem casca, através de uma das fórmulas clássicas destinadas à determinação do volume real,
- (b) testar a homogeneidade da variância dentro do grupo de espécies estudado,
- (c) escolher um dos modelos testados de equação volumétrica para a montagem da tabela de volume.

2.6. Equações de volume:

Segundo LOETSCH (23), as equações de volume derivadas através do método dos mínimos quadrados por meio da análise de regressão são as mais utilizadas atualmente, face ao aprimoramento e acesso aos computadores eletrônicos. Isto vale dizer que, estatisticamente, tabelas de volume confiáveis podem ser elaboradas eletronicamente, a partir de equações de volume. Estas tabelas não são, entretanto, necessárias para os cálculos de um inventário florestal, desde que uma equação de volume possa ser incorporada diretamente no programa de computação do volume.

Antes de construir uma equação de volume para uma espécie florestal específica ou grupo de espécies, LOETSCH (23) recomenda a verificação da existência de tabelas ou e-

quações de volume na região em questão e se, as mesmas são suficientemente precisas. Frequentemente, as equações ou tabelas de volume derivadas de dados coletados numa pequena área são aplicadas para uma região muito além da área original e, na maioria dos casos, isto produz desvios consideráveis.

A derivação das equações de volume apresentam, segundo LOETSCH (23), tres fases distintas:

- (a) seleção de um número suficientemente grande de árvores amostrais representativas,
- (b) medição das variáveis independentes e dependentes para a derivação da equação de volume e
- (c) testes das diferentes funções, através de computadores e seleção da melhor equação de volume.

LOETSCH (23) apresenta quatro grupos de equações de volume, no apêndice - quadro nº 01, utilizadas para o cálculo do volume individual de árvores, sendo que as fórmulas ' do grupo 2 são as mais utilizadas porque com a inclusão da altura nas fórmulas, elas produzem estimativas mais precisas de volume.

O grande número de fórmulas do segundo grupo indica que não existe equação de volume que seja aplicável e válida para todas as espécies e condições. A maioria das funções' indicadas foi utilizada por diferentes pesquisadores florestais, sob condições variadas.

A maioria dos pesquisadores florestais recomenda a utilização da equação da variável combinada, $V = a + b \cdot D^2 H$, a qual tem a sua validade já comprovada através de inúmeras pesquisas realizadas em quase todo o mundo, como de (27), (28) (29), (30) e (41).

SIQUEIRA (36), trabalhando com Araucaria angustifolia O. Ktze e SILVA (35), com Pinus taeda L., também comprovaram a eficiência da equação da variável combinada ou de SPURR.

2.7. Regressão:

Segundo LOETSCH (23), o objetivo da regressão é obter uma expressão da dependência de uma variável Y sobre uma ou mais variáveis independentes X. Tal expressão é matematicamente conhecida como uma função, logo Y é função de X. A estatística normalmente diz que para uma regressão de Y sobre X, a correlação não é funcional e nem rigorosamente causal, mas estocástica.

De acordo com FREESE (17), os métodos de regres-

são são de grande utilidade na derivação das relações empíricas entre vários fenômenos observados, como por exemplo, o volume da árvore em função do diâmetro, altura e fator de forma. A análise de regressão permite um ajustamento de modelos matemáticos que envolvem várias variáveis.

A regressão define o relacionamento em si e a correlação, a estreiteza desse relacionamento (23). Durante as preparações de um inventário florestal, vários métodos de medição devem ser utilizados para testar a confiabilidade e comparabilidade. FRAYER (15) considera que as medições das variáveis independentes são importantes e devem ser exatas porque, em caso contrário, os testes estatísticos inerentes à equação de regressão e, em alguns casos, os coeficientes de regressão calculados, são tendenciosos.

O grau de congruência é determinado pela correlação (23) e a escala das diferenças entre os vários métodos é dada pela regressão. Vários tipos de informação podem ser somente obtidos indiretamente de várias medidas ou características contáveis. Neste caso, a regressão entre as características e a informação requerida devem cada uma ser conhecida ou derivada. Como por exemplo, as tabelas de volume mostram a regressão entre as características, altura e DAP, em relação ao volume. Em outros casos, a regressão é diretamente associada com a amostragem e permite a estimativa de \bar{Y} , em função de \bar{X} (amostragem dupla).

Segundo FREESE (17), as aplicações mais comuns dos métodos de regressão tem um ou ambos dos seguintes objetivos: (a) encontrar uma função matemática que possa ser utilizada para descrever a relação entre uma variável dependente e uma ou mais variáveis independentes e (b) testar algumas hipóteses sobre a relação entre uma variável dependente e uma ou mais variáveis independentes.

Dependendo do número de variáveis independentes, a regressão pode ser simples ou múltipla e, dependendo da natureza da equação básica, a regressão pode ser linear ou não linear (23).

2.7.1. Regressão linear simples:

Para se ter uma idéia de regressão linear simples, é necessário assumir que uma população com n indivíduos, cada um com características x_i e y_i (23). Se a informação desejada é uma expressão numérica para o relacionamento entre os valores de x e y , o primeiro

passo é marcar os valores num sistema de coordenadas . Isso é feito, segundo FREESE (17), para dar alguma evidência visual do relacionamento das duas variáveis . Se existir um relacionamento simples, os pontos marcados tenderão a formar um modelo (uma linha reta ou curva). Se o relacionamento é muito forte, o modelo será, de um modo geral, distinto. Se o relacionamento é fraco, os pontos serão mais dispersos e o modelo menos definido.

O tipo de forma (reta, parábola, exponencial, etc.) influenciará, segundo FREESE (17), no modelo de regressão a ser ajustado.

Segundo LOETSCH (23), uma linha reta representa a regressão linear simples e é, geralmente definida pela equação, $y = a + b X$, onde a é o ponto de interseção e b o coeficiente angular.

A forma mais utilizada de ajustamento da reta aos dados, segundo STEEL & TORRIE (40), é através do critério dos mínimos quadrados, o qual requer uma mínima soma dos quadrados dos desvios dos pontos observados em relação a reta.

De acordo com LOETSCH (23), o teste de linearidade pode ser feito através da comparação do quadrado médio (QM) dos desvios dos valores individuais da classe média com o QM dos desvios dos pontos médios de classe da linha de regressão. Se a diferença entre os dois quadrados médios é não significativa, a regressão da reta é justificada ou seja, o relacionamento linear existe.

2.7.2. Regressão linear múltipla:

Segundo STEEL & TORRIE (40), a regressão linear múltipla é aquela que opera com mais de uma variável independente do primeiro grau. Esta operação permite uma estimativa mais precisa da variável dependente, desde que haja correlação (16).

De acordo com LOETSCH (23), o problema da determinação simultânea de várias relações aparece muito frequentemente com o tipo de informação que o inventário florestal se concerne. Isso não é somente devido à complexidade natural de uma floresta como um produto de numerosas influências de interação, como também, às influências devido ao procedimento de amostragem e me-

dição. Várias informações podem não ser obtidas diretamente, mas tem que ser derivadas de várias informações primárias diretamente medidas ou contadas. Nesse caso, a análise de regressão determina a relação entre a informação requerida e as diversas informações primárias.

Pode-se escrever que $y = a + b_{12}x_1 + b_{21}x_2$ e esta função representa um plano sobre o qual todos os valores de y são locados. O coeficiente a é a altura da base na qual o plano funcional passa pela origem do sistema de coordenadas e b_{12} e b_{21} são as constantes que determinam as inclinações do plano. x_1 e x_2 são as variáveis independentes.

Continuando, LOETSCH (23) considera que as várias variáveis independentes podem ser mutuamente dependentes. Por esta razão, uma análise de regressão múltipla tem que considerar as mútuas interdependências entre as variáveis independentes, bem como as relações entre estas e a variável dependente.

2.7.3. Regressão não linear:

LOETSCH (23) considera que, frequentemente pode acontecer de uma relação não ser bem expressa por uma linha reta, como por exemplo, as curvas de alturas do povoamento florestal, as curvas de volumes ou as distribuições de volume. Em tais casos, a relação pode ser expressa por uma curva e o principal problema é de determinar o tipo de curva que dará o melhor ajuste para os dados. O critério para o melhor ajuste é a magnitude e distribuição dos desvios das observações oriundas da curva.

Segundo BRUCE & SCHUMACHER (04), uma curva pode ser ajustada aos dados por um método matemático que dá, precisamente, a equação mais provável da curva e, conseqüentemente, a sua mais provável locação. Isto é chamado de método dos mínimos quadrados porque uma melhor curva, dessa maneira ajustada, será aquela que apresentar a menor soma quadrática dos resíduos, o que garantirá o menor erro padrão de estimativa possível.

STEEL & TORRIE (40) considera que para o ajustamento é necessário observar a regressão e, se os intervalos de confiança e testes de significâncias são realmente válidos.

LOETSCH (23) distingue basicamente dois principais tipos de curva, as polinomiais e as exponenciais.

2.8. Variáveis " Dummy ":

Segundo DRAPER & SMITH (10), são as variáveis utilizadas nas equações de regressão quando as mesmas trabalham com um conjunto de valores que produzem diferentes efeitos determinísticos sobre o resultado. Em outras palavras, CUNIA (07) diz que o uso de variáveis "dummy" é a quantificação de variáveis qualitativas através da atribuição de níveis distintos a cada variável, permitindo distinguir o efeito determinístico numa só equação de regressão.

Segundo DRAPER & SMITH (10), as variáveis "dummy" nem sempre são relacionadas aos níveis físicos existentes nos fatores testados em si.

As notações dessas variáveis podem tomar várias formas, como por exemplo:

$D_i = 1$ se o elemento amostral pertence a classe "i"

$D_i = 0$ em outras circunstâncias

ou,

$Z = 0$ se a observação é da classe "A"

$Z = 1$ se a observação é da classe "B"

mas supondo que, de um total de n observações, n_1 vem do tipo "A" e $n_2 = n - n_1$ vem do tipo "B", os níveis podem ser:

$$Z = \frac{n_2}{\sqrt{n_1 n_2 (n_1 + n_2)}} \quad \text{para a classe "A"}$$

$$Z = \frac{n_1}{\sqrt{n_1 n_2 (n_1 + n_2)}} \quad \text{para a classe "B"}$$

nesse caso a coluna correspondente da matriz é ortogonal à coluna β_0 (interseção) e tem a soma dos quadrados igual a um, o que pode ser conveniente.

n_1 e n_2 são os números de observações das classes "A" e "B", respectivamente.

Em geral, este procedimento pode ser distribuído com r níveis, através da introdução de $(r - 1)$ variáveis "dummy".

De acordo com CUNIA (07), a notação vetorial das variáveis "dummy" pode ser feita da seguinte maneira:

$$\{ D \}' = \{ D_1, D_2, D_3, \dots, D_5 \}$$

para $i = 1, 2, 3, \dots$ e para um determinado vetor, a soma-

tória de D_i tem que ser obrigatoriamente igual a um.

Segundo FREESE (17), é também necessário introduzir variáveis que representem as interações entre a variável medida e as variáveis "dummy". Estas variáveis expressam o conceito de distintas regressões lineares para cada grupo, através do modelo máximo de regressão. Após a determinação dos coeficientes, a regressão para qualquer grupo pode ser obtida pelo valor apropriadamente atribuído para cada variável "dummy".

CUNIA (07) considera que a citação anterior de FREESE (17) nada mais é do que a multiplicação de variáveis independentes pelas variáveis "dummy", gerando uma nova variável, ou seja:

$$X_{ij} = D_i X_j = X_j \quad \text{se o elemento amostral pertence à classe "i"}$$

$$\text{e } X_{ij} = D_i X_j = 0 \quad \text{em outras circunstâncias}$$

Essa notação permite operar com o conjunto genérico formado na regressão tamanho gigante.

Segundo FREESE (17), a partir do modelo máximo da equação, é possível testar vários modelos sob hipótese e que, segundo KOZAK (22), as equações de regressão podem diferir porque elas tem diferentes inclinações, o que significa que elas não são paralelas. Se elas são paralelas, elas podem diferir em nível, o que significa que as suas interseções não são iguais. Estatisticamente, quer dizer que existem duas hipóteses a ser testadas: (a) do paralelismo e (b) de igualdade nas interseções.

De acordo com DRAPER & SMITH (10), as variáveis "dummy" podem também ser utilizadas para remover tendências dos modelos de estimativa de qualquer produção, num determinado período de tempo.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

3. MATERIAIS E MÉTODOS

3.1. Espécies florestais envolvidas na pesquisa:

As espécies envolvidas pelo presente trabalho de pesquisa foram:

3.1.1. Canafístula - *Peltophorum dubium*. Pertence à família das Leguminosas (*Caesalpinioideae*).

As características distintivas dessa espécie, segundo RIZZINI (32), são: árvores de porte mediano a grande, com sapopemas basais, alcançando de 10 a 20 metros de altura e capaz de fornecer toras de 8 a 10 metros de comprimento por 50 a 70 centímetros de diâmetro; râmulos rufo-tormentosos. A casca é pardo-acinzentada, geralmente com manchas liquênicas, longitudinal e transversalmente fissurada, de modo a demarcar pequenas escamas mais ou menos quadradas, finas e rígidas por dentro. As folhas apresentam folíolos oblongos, mucronados, membranáceos, que na parte superior são puberulos ou glabros e na parte inferior, pubescentes, ciliados. As flores são vistosas, amarelas e perfumadas. Os frutos são indeiscentes, cilíndricos e duros; as sementes elipsóides, escuras, lisas e duras.

Segundo MAINIERI (26), a Canafístula fornece uma madeira pesada, com peso específico entre 0.80 a 0.90 g/cm³; cerne variável do bege-rosado-claro passando a bege-rosado-escuro, ou do castanho ao castanho avermelhado, superfície lustrosa, medianamente lisa ao tato, cheiro indistinto, sabor indistinto ou ligeiramente adstringente, textura média e grã irregular.

A madeira dessa espécie é utilizada para diversas finalidades, tais como: construções civis e navais, tabuados, tacos, dormentes, vigas, caixilhos, rodapés, caixotaria e palitos, sendo que a casca, contendo aproximadamente 10% de tanino, é utilizada nos curtumes. Esta madeira é moderadamente dura e pesada (peso específico aparente igual a 0.87 g/cm³, a 15% de umidade), grosseira e porosa e bastante durável na ausência de umidade (26), (32), (33) e (11).

3.1.2. Cedro - *Cedrela fissilis* Vell.. Pertence à família das Meliáceas.

Segundo RIZZINI (32), o Cedro das florestas pluviais pode alcançar até 30 metros de altura. A sua casca é grossa, dura, pardo-acinzentada, rugosa e profundamente sulcada, com cristas em relevo. Apresenta folhas grandes, com 5 a 12 pares de folíolos grandes, membráceos, agudamente acuminados ou caudados; pelos sobretudo ao longo das nervuras e domácias em forma de bolsa, barbadas e pecioluladas.

A madeira é relativamente leve (0.40 a 0.60g/cm^3), cerne variando do bege-rosado-escuro ao castanho-avermelhado; cheiro característico, bem pronunciado em alguns espécimes e quase ausente em outros; gosto ligeiramente amargo; textura grosseira; grã direita ou ligeiramente ondulada. A madeira, segundo RIZZINI/MORS (33), é uniforme, lustrosa, lisa, macia ao corte e muito durável, salvo quando enterrada. Pode ser utilizada em contraplacados, carpintaria civil, portas, caixilhos, venezianas, embarcações e construções navais, interiores de móveis, caixas de charutos, instrumentos musicais, etc., (26), (32), (33) e (11). O seu peso específico aparente, a 15 % de umidade, é de 0.52g/cm^3 .

3.1.3. Pau-marfim - Balfourodendron riedelianum Engl.. Pertence à família das Rutáceas.

Segundo RIZZINI (32), o Pau-marfim é uma árvore de aproximadamente 20 metros de altura e 40 centímetros de diâmetro, tronco normalmente reto. A casca é cinzenta, com numerosas lenticelas. As folhas são trifoliadas; folíolos obovado-oblongos, agudos ou curtamente acuminados, glabros ou com pelos nas nervuras de ambas as faces, membráceos, discolores, a página inferior com numerosos pontos pretos e domácias em forma de fenda barbada; o folíolo central é maior que os demais; pecíolo com 3 a 8cm; peciólulos curtíssimos. As flores são brancas, ordenadas em panículas terminais mais curtas do que as folhas. O fruto é pequeno, indeiscente, lenhoso, duro, com quatro lóculos unissemados e quatro asas verticalmente radiadas.

A madeira dessa espécie é branco-amarelada, passando a amarelo-suja, uniforme; superfície bastante lustrosa e lisa ao tato; cheiro indistinto; sabor levemente

te amargo; textura fina; grã direita, irregular e até reversa. Segundo MAINIERI (26), a madeira é pesada (0.80 a 0.90 g/cm³), dura, forte e pouco resistente aos agentes nocivos. Pode ser empregada na fabricação de móveis, hélices de avião, sabres ou bate-deiras de teares, formas de sapatos, cabos de ferramentas, tacos de bilhar, régua de cálculo, objetos torneados e também em interiores de lojas e residências, para forros, portas, tacos de assoalho, lambris, etc., (26), (32) (33) e (11).

- 3.1.4. Canelas - Pertencem à família das Lauráceas, cujos representantes, segundo SCHULTZ (34), são arbustos ou árvores, muito uniforme nos seus hábitos. As folhas são inteiras, lanceoladas até ovadas, coriáceas, sem estípulas, excetuando a Canela-sassafráz que apresenta folhas lobadas. Nas folhas e na casca há células cheias de um óleo volátil.

Os dois gêneros dessa família envolvidos por esse trabalho de pesquisa são: Ocotea e Nectandra, principalmente a Canela-pinho, a Canela-preta, a Canela-lou-ra, a Canela-guaicã, a Canela-do-brejo e a Canela-fedorenta.

As madeiras desses gêneros, segundo RIZZINI (32), são moderadamente duras e pesadas (0.65 a 0.75g/cm³), compactas e de durabilidade relativamente boa, variando de espécie para espécie. O cerne é muito variável; a superfície é irregularmente lustrosa, lisa ao tato; cheiro ativo e até mesmo desagradável em algumas espécies, ausentes em outras; sabor quase indistinto, levemente adstringente e textura normalmente média.

As Canelas são geralmente utilizadas em construções civis, mourões, estacas, dormentes, mobiliários, esquadrias, vigas, assoalhos, etc., (26), (32), (33) e (11).

3.2. Local de Estudo:

- 3.2.1. Localização, aspectos fisiográficos e extensão da área de coleta de dados:

O presente trabalho foi desenvolvido no extremo oeste paranaense, entre os paralelos 24° 05' e 25° 33' de latitude sul e entre os meridianos 53° 06' e 53° 54'

de longitude oeste de Grw., ao longo da faixa marginal esquerda do rio Paraná. A coleta de dados cobriu uma área de aproximadamente 130 000 hectares, entre os municípios de Foz do Iguaçu e Guaíra.

Essa região faz parte do Terceiro Planalto paranaense que é caracterizado pela uniformidade geológica com presença de grandes lençóis de lavas vulcânicas básicas, muito compactas (24).

Os rios Paraná e Iguaçu são os maiores e mais importantes cursos d'água da região.

A altitude varia entre 200 e 400 metros s.n.m., sendo que a mínima está registrada no município de Foz do Iguaçu e a máxima, em Marechal Candido Rondon.

Os municípios envolvidos pelo presente trabalho são: Foz do Iguaçu, Santa Helena, Marechal Candido Rondon, Guaíra e partes dos municípios de São Miguel do Iguaçu e Toledo.

3.2.2. Tipos de solo:

Conforme CERENA (06), os principais solos que ocorrem nessa região são: Latosol Vermelho Escuro, Latosol Roxo, Podzol Vermelho Amarelo Eutrófico, solos Hidromórficos e solos Orgânicos - Fig. nº 01.

a) LATOSOL VERMELHO ESCURO

LEd1. Latosol Vermelho Escuro Distrófico com horizonte "A" moderado, textura média, fase florestal tropical perenifólia e relevo suave ondulado.

LEd4. Latosol Vermelho Escuro Distrófico com horizonte "A" moderado, textura média, fase florestal tropical sub-perenifólia e relevo suave ondulado.

LEd6. Latosol Vermelho Escuro Álico com horizonte "A" moderado, textura média, fase florestal subtropical sub-perenifólia e relevo suave ondulado.

LEe1. Latosol Vermelho Escuro Eutrófico com horizonte "A" moderado, textura argilosa, fase florestal tropical sub-perenifólia e relevo suave ondulado.

LEe2. Latosol Vermelho Escuro Eutrófico com horizonte "A" moderado, textura média, fase florestal tropical sub-perenifólia e relevo suave ondulado.

b) LATOSOL ROXO

LRd1. Latosol Roxo distrófico com horizonte "A" moderado, textura argilosa, fase florestal tropical perenifólia e relevo suave ondulado.

LRd5. Latosol Roxo Distrófico com horizonte "A" moderado, textura argilosa, fase florestal tropical perenifólia e relevo suave.

LRel1. Latosol Roxo Eutrófico com horizonte "A" moderado, textura argilosa, fase florestal tropical perenifólia e relevo suave ondulado.

LRel3. Latosol Roxo Eutrófico com horizonte "A" moderado, textura argilosa, fase florestal tropical perenifólia e relevo suave ondulado, praticamente plano.

c) **PODZÓLICO VERMELHO AMARELO EQUIVALENTE EUTRÓFICO**

PE-1. Podzólico Vermelho Amarelo Equivalente Eutrófico com horizonte "A" moderado, textura média, fase florestal tropical sub-perenifólia e relevo suave ondulado.

PE-4. Podzólico Vermelho Amarelo Equivalente Eutrófico.

d) **SOLOS HIDROMÓRFICOS**

HG. Solos hidromórficos Gleyzados indiscriminados fase florestal tropical perenifólia de várzea e relevo plano.

HGl. Associação de Solos Hidromórficos Gleyzados Indiscriminados fase florestal tropical de várzea e relevo plano e Latosol Vermelho Escuro Eutrófico com horizonte "A" moderado, textura argilosa, fase florestal tropical sub-perenifólia e relevo suave ondulado.

e) **SOLOS ORGÂNICOS**

HO. Solos Orgânicos Indiscriminados.

3.2.3. Clima:

De acordo com a classificação de Köppen, na área estudada ocorrem os tipos climáticos Cw e Cf, com as variações Cwa, Cfa e Cfb.

O tipo climático Cwa é pluvial temperado, com a temperatura do mês mais frio entre 18 a -3º C e a do mês

mais quente, superior a 22º C. O inverno é seco e a precipitação do mes mais chuvoso (no verão) é aproximadamente dez vêzes maior que a precipitação do mes mais seco (no inverno).

O Cfa difere do Cwa apenas na distribuição uniforme de chuvas durante todos os meses do ano. O Cfb difere do Cfa apenas na temperatura do mes mais quente, menor que 22º C. O tipo climático Cfa deve ter, pelo menos, quatro meses com temperaturas superiores a 10º C, (24).

Segundo MAACK (24), na área estudada ocorre apenas o tipo climático Cfa. O tipo Cwa ocorre irregularmente ao norte dessa área, abrangendo alguns pontos somente.

A temperatura é relativamente alta no verão, enquanto que no inverno, nas partes mais baixas (Cfb), há possibilidades de geadas.

As áreas próximas aos grandes rios são constantemente envolvidas por cerrações.

a. Temperatura:

As temperaturas médias anuais variam de 17 a 22ºC, tendo os seguintes índices:

- média das mínimas: entre 15 a 20ºC
- média das máximas: entre 25 a 35ºC
- amplitude máxima : entre 40 a 45ºC

Os Balanços Hídricos, segundo THORNTHWAITE, para os municípios de Foz do Iguaçu, Santa Helena, Marechal Candido Rondon e Guaíra, são apresentados a seguir nas Fig. nº 02, 03, 04 e 05, respectivamente.

b. Precipitação:

Conforme os dados da estação meteorológica do INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ, a precipitação média anual para toda a área estudada varia entre 1185 a 1723 mm, sendo que a máxima é verificada no município de Marechal Candido Rondon e a mínima, em Guaíra.

De um modo geral, segundo MAACK (24), as chuvas se distribuem uniformemente por todo o ano, de tal maneira que as precipitações dos meses mais úmidos e as dos meses mais secos se aproximam considera -

velmente, dificultando a determinação exata de meses secos. Nos meses de Julho e Agosto há um pequeno decréscimo da intensidade das chuvas e um leve aumento nos meses de Dezembro e Janeiro. Na região, não há registro de mes sem chuva.

c. Evaporação:

A variação da evaporação anual gira em torno de 600 a 1200 mm, sendo que as maiores intensidades são registradas nos meses de verão, coincidindo com a elevação do grau de precipitação e temperatura.

d. Pressão atmosférica:

Os dados de pressão atmosférica para a região do extremo oeste paranaense, segundo MAACK (24), se apresenta da seguinte maneira:

- média anual : 1008.15 mb
- média mensal : 1012.45 mb
- mínimo mensal: 1003.00 mb, em Abril.

e. Umidade Relativa:

Em virtude da influência oceânica sobre o clima do estado do Paraná e da transpiração dos componentes das matas pluviais existentes até há poucos anos, predomina uma umidade relativa muito elevada, cujo climax é atingido nas primeiras horas do dia, em torno de 7:00h, com 85 a 92%, declinando para 50 a 70% ao meio dia, para atingir novamente valores superiores a 80% ao início da noite, aproximadamente às 21 horas, (24).

3.2.4. Hidrografia:

Os rios pertencentes ao extremo oeste paranaense tomam sentido para o interior do continente e pertencem a área de captação do grande sistema do rio Paraná, representando uma parte específica da bacia hidrográfica do Paraná e, conseqüentemente, da bacia Platina.

O rio Paraná é o maior rio da bacia hidrográfica de mesmo nome cuja área total é de aproximadamente 3 milhões de km². Esse rio tem sua origem na confluência dos rios Parnaíba e Grande, estabelecendo divisas territoriais entre o Brasil (estados do Paraná e Mato Grosso) e a República do Paraguai, numa extensão de

400.6 km. Segundo MAACK (24), da nascente do rio Paraná até a barra do rio da Prata, a extensão total é de 4695 km, dos quais 3367 km são navegáveis.

Na região de Guaíra, o rio Paraná se precipita numa fenda tectônica, cujo "canyon" de 60 a 80m de profundidade dá origem ao famoso Salto das Sete Quedas . No trecho compreendido entre as coordenadas 24º e 25º de latitude sul, a velocidade média desse rio é de cerca de 8km/h com um volume d'água de 11000m³/s, tendo uma profundidade de 20 a 44 metros.

Uma outra bacia hidrográfica se estende entre a fôz do rio Piquiri e a fôz do rio Iguaçu abrangendo , com 8929 km², as áreas de drenagem de pequenos rios e entre eles, os principais são: Arroio Guaçu, rio São Francisco, rio São Francisco Falso e rio Ocoí.

3.2.5. Geologia:

A geologia de grande parte do sudeste e sul do Brasil e da região leste do Paraguai, regiões essas drenadas pelo rio Paraná, é notavelmente uniforme, consistindo em espessos derrames basálticos, praticamente horizontais, intercalados uniformemente por camadas de brecha. Essa formação basáltica é a denominada Serra Geral, também conhecida por "Trapp do Paraná ". Um solo residual de argila ou argilo-arenosa cobre a superfície das margens do rio Paraná e de seus afluentes, (12).

Segundo Bigarela (1951) e Salamuni (1969), citação de MAACK (24), os derrames de trapp são constituídos por basaltos e meláfios, enquanto que nos diques e Sills, ocorrem diabásicos. Como constituintes dos diques aparecem também dioritos, porfiritos e, às vezes, quartzodioritos. As rochas eruptivas básicas são responsáveis pela formação dos solos argilosos com elevados teores de minerais pesados, como o Ferro, Titânio e Manganês.

Segundo MAACK (24), há também ocorrência de rochas ígneas, principalmente basalto da era secundária. O arenito de Caiuã ocorre apenas num pequeno triângulo ao sul do rio Piquiri, terminando 4 km ao norte de Guaíra de onde cruza o mesmo rio em direção leste. Ocorrem também em pequena escala os sedimentos fluviais e paludiais do quaternário, em alguns pontos ao longo do rio Paraná, dando origem aos solos hidromór-

ficos e fluviais.

3.3. População florestal estudada:

A população florestal envolvida por este estudo foi definida como sendo os agrupamentos naturais de fólhas existentes na área que continham pelo menos um representante do grupo de espécies florestais, previamente estabelecido para o presente estudo, ou seja, Canafístula, Cedro, Pau-mar-fim e Canelas.

Apesar de profundamente modificados, os agrupamentos florestais remanescentes da área se constituem nos únicos dignos representantes do potencial madeireiro de uma floresta pluvial sub-tropical no extremo oeste paranaense, em uma acelerada fase de extinção devido a iminente inundação pelas águas do reservatório da Hidrelétrica Itaipu.

A coleta de dados foi realizada de maneira a permitir a cobertura de toda área, no menor espaço de tempo possível. Isto foi facilitado após o pleno conhecimento da área através de fotografias aéreas e também pelo fácil acesso até às áreas florestais escolhidas para a amostragem.

3.4. Tipo de amostragem:

Para dar um caráter de independência na escolha da área florestal a ser amostrada e proporcionar a cada parcela a mesma chance de ser escolhida, foi utilizado o método de amostragem inteiramente aleatório.

Dentro da área florestal escolhida, a coleta de informações assumiu uma posição sistemática uma vez que a árvore a ser amostrada dependia da espécie e da classe diamétrica na qual a mesma estava inclusa.

Segundo KOZAK (22), uma árvore pode ser caracterizada como uma amostra quando utilizada para fins de amostragem e também para o estudo de equações de volume. Isto porque a variável dependente (volume da árvore) pode ser amostrado segundo um processo inteiramente aleatório, mas as variáveis independentes (diâmetro e altura), deveriam ser sempre amostrados de acordo com o processo sistemático dentro das classes diamétricas. Dessa maneira forneceria uma melhor estimativa da relação, no caso $V = f(D, H)$, conforme o modelo de equação de regressão proposto.

E para que as árvores selecionadas apresentassem um caráter de seleção aleatória de indivíduos da população estudada, foi utilizada a amostragem aleatória proporcional

ao tamanho (SPS) que, para o caso específico desse trabalho, é o número de indivíduos de cada espécie florestal estudada. Por esta razão, este tipo de amostragem cobriu aproximadamente 10% do número total de árvores amostradas por ocasião do Inventário Florestal realizado pelo Centro de Pesquisas Florestais do Paraná que, por sua vez, cobriu aproximadamente 1% da área total estudada. Dessa maneira, foram coletados dados de 135 espécimes de Canela, 104 de Pau-marfim, 96 de Cedro e 49 de Canafístula.

3.5. Coleta de dados:

As informações foram somente tomadas de árvores que apresentassem diâmetros à altura do peito (DAP) superiores a 20 cm, diâmetros estes, considerados como limite mínimo aproveitável na maioria das indústrias madeireiras, principalmente serrarias.

As árvores contidas na área florestal escolhida para a amostragem foram classificadas segundo as classes diamétricas pré-estabelecidas. O intervalo entre classes foi de 5 cm. O agrupamento dos diâmetros em classes diamétricas foi utilizado no presente trabalho de pesquisa para simplificar os procedimentos de anotação e cálculo, face a ampla dispersão dos diâmetros.

A coleta de dados requeridos para a determinação do volume real individual foi feita de maneira prática, procurando atender a cada uma das classes diamétricas e espécies envolvidas pela pesquisa.

Em cada amostra, foram medidos os diâmetros nas diversas alturas, a altura comercial e a altura total.

3.5.1. Diâmetros:

Os diâmetros, com e sem casca, foram medidos a 0.30 m do solo (altura de corte), a 1.30 m (diâmetro à altura do peito - DAP) e, a partir daí, em intervalos constantes de 2 m até atingir a altura comercial. Essas medições foram feitas em árvores em pé e em árvores derrubadas.

Para árvores em pé, o método utilizado nas medições se resumiu em subir em cada árvore selecionada para a amostragem, com auxílio de aparelhos especiais, medindo os diâmetros e a percentagem de casca de cada seção pré-estabelecida. Essa maneira de medir é, comprovadamente, a forma mais precisa de se obter diâme-

tros em diversas alturas, porque é uma medida direta' na árvore. Esse método diminui a possibilidade de ocorrência de erros amostrais, comparado com métodos indiretos, mesmo aqueles que utilizam sofisticados aparelhos dendrométricos. A limitação desse método porém, é a dificuldade apresentada por árvores que tenham ' diâmetros superiores a 1 m o que dificulta a mobilidade do operador ao longo do fuste, podendo inclusive, excluir parte da população que se encontra dentro de classes diamétricas acima de 1 m.

No presente trabalho, esta dificuldade foi contornada através de medição em árvores abatidas, as quais' foram encontradas facilmente e em grande quantidade ' devido as intensas explorações que estão sendo realizadas na área em questão.

Os diâmetros, tanto em árvores em pé com em árvores abatidas, foram medidos com fitas diamétricas. A espessura da casca foi determinada através da média entre os dois cortes feitos em lados opostos de cada seção. As medidas foram feitas com uma régua graduada em milímetros.

Para a determinação da classe diamétrica na qual a árvore amostral deveria ser incluída, foi utilizada a suta, determinando-se o DAP médio resultante de ' duas medições perpendiculares.

3.5.2. Alturas:

A altura total das árvores em pé foi medida com o auxílio do Hipsômetro de Haga, enquanto que das árvores abatidas, com o uso de uma trena comum.

A altura comercial foi obtida através da simples' somatória das seções medidas e mais a parte final que não atingia o comprimento pré-estabelecido da seção, até a inserção significativa dos galhos no tronco da ' árvore.

3.6. Método de determinação do volume real:

O volume real das árvores amostradas foi determinado através da fórmula de Smalian, a qual fornece o volume' em relação ao comprimento da árvore e as áreas transversais' das duas extremidades, ou seja,

$$V = ((A + a) / 2) \cdot L$$

onde \underline{V} é o volume, \underline{A} é a área transversal da base (altura de corte), \underline{a} é a área transversal da ponta da árvore e \underline{L} é o comprimento.

Como o volume é dado em metros cúbicos, o comprimento foi medido em metros lineares e a área transversal, em metros quadrados.

Considerando que as seções medidas no presente trabalho foram constantes a partir do DAP, a fórmula anterior foi transformada em:

$$V = (A_1 + A_2)/2 \cdot L_1 + ((A_2 + A_3)/2 + \dots + (A_{n-1} + A_n)/2) \cdot L_2$$

onde:

$A_1, A_2, A_3 \dots A_n$ = áreas transversais das seções

L_1 = comprimento da seção da base = 1m

L_2 = comprimento das seções constantes = 2m

A fórmula de Smalian foi aplicada neste trabalho devido a facilidade e o menor custo de aplicação, apesar de requerer medições em ambas as extremidades da seção. É, talvez, a fórmula mais utilizada no Brasil, para a determinação do volume real de uma árvore.

3.7. Equações volumétricas:

Baseando-se em considerações anteriores, foram escolhidas duas equações para a determinação dos volumes individuais, sendo uma a da variável combinada ou de SPURR e outra, ponderada.

A escolha da variável independente $X_1 = D^2H$ se deveu ao fato que o aumento do número de variáveis independentes numa equação, dificilmente contribui com a precisão da mesma e que, somente dados de alturas e diâmetros foram coletados para o desenvolvimento do presente trabalho.

3.7.1. Equação da variável combinada:

$$V_{cc} = a + b \cdot X_1$$

Tanto os pontos de interseção, como os coeficientes angulares da equação acima foram determinados para a estimativa do volume comercial com e sem casca.

3.7.2. Equação ponderada:

Na tentativa de diminuir o erro padrão de estimativa da equação volumétrica proposta, foi utilizado um peso $w_i = 1 / D^2 H$ na ponderação da equação da variável combinada ou de SPURR.

3.8. Aplicação de variáveis "dummy" na determinação de coeficientes de regressão e testes de hipóteses:

3.8.1. Determinação dos coeficientes da regressão gigante:

As variáveis "dummy" foram aplicadas no presente trabalho para mostrar que equivalentes resultados podem ser obtidos através de cálculos de regressões individuais e regressões agrupadas (regressão gigante, segundo CUNIA (07)).

As espécies florestais Cedro, Canelas, Pau-marfim e Canafístula foram definidas como classes 0, 1, 2 e 3, respectivamente da seguinte maneira:

ESPÉCIE	A_1	A_2	A_3	AA_1	AA_2	AA_3
Cedro	0	0	0	0	0	0
Canelas	1	0	0	1	0	0
Pau-marfim	0	1	0	0	1	0
Canafístula	0	0	1	0	0	1

Nestes casos, as variáveis "dummy" apresentam os seguintes significados,

$A_1 = 1$ se a observação é da classe "1"

$A_2 = 1$ se a observação é da classe "2"

$A_3 = 1$ se a observação é da classe "3"

A_1, A_2 e $A_3 = 0$ se a observação é da classe "0"

e as interações,

$AA_1 = A_1 (D^2 H)$ se a observação é da classe "1"

$AA_2 = A_2 (D^2 H)$ se a observação é da classe "2"

$AA_3 = A_3 (D^2 H)$ se a observação é da classe "3"

$A = D^2 H = a$ se a observação é da classe "0"

As regressões individuais de cada espécie florestal envolvida pelo trabalho foram assim representadas,

Cedro - $R^1 : \hat{Y} = a_{11} + b_{12}A$

Canelas - $R^2 : \hat{Y} = a_{21} + b_{22}A$

Pau-marfim - $R^3 : \hat{Y} = a_{31} + b_{32}A$

Canafístula - $R^4 : \hat{Y} = a_{41} + b_{42}A$

e a regressão gigante,

$$R : \hat{Y} = a_{11} + b_{12} A + c_1 A_1 + c_2 A_2 + c_3 A_3 \\ + d_1 AA_1 + d_2 AA_2 + d_3 AA_3$$

onde:

$$\begin{aligned} c_1 &= a_{21} - a_{11} & d_1 &= b_{22} - b_{12} \\ c_2 &= a_{31} - a_{11} & d_2 &= b_{22} - b_{32} \\ c_3 &= a_{41} - a_{11} & d_3 &= b_{22} - b_{42} \end{aligned}$$

3.8.2. Testes de hipóteses:

Hipótese 1: que todas as equações tenham os mesmos pontos de interseção, porém com diferentes inclinações,

equação sob hipótese

$$\hat{Y} = a_{11} + b_{12} A + d_1 AA_1 + d_2 AA_2 + d_3 AA_3$$

Hipótese 2: que todas as equações tenham as mesmas inclinações, porém com diferentes pontos de interseção,

equação sob hipótese

$$\hat{Y} = a_{11} + b_{12} A + c_1 A_1 + c_2 A_2 + c_3 A_3$$

Para o teste de paralelismo das equações de regressão, inicialmente foram calculados os $s^2_{y.x}$ de cada espécie florestal, sendo posteriormente calculado a melhor estimativa de $\sigma^2_{y.x}$ de uma equação, em relação a outra, através da fórmula,

$$s'^2_{y.x} = \frac{(n_1-2) (s^2_1 y.x) + (n_2-2) (s^2_2 y.x)}{n_1 + n_2 - 4}$$

$$s'^2 (b_1 - b_2) = s'^2_{y.x} \frac{1}{(n_1-1) (s^2_1 y.x)} + \frac{1}{(n_2-1) (s^2_2 y.x)}$$

n_1 = número de observações da espécie que apresenta o maior coeficiente b

n_2 = número de observações da espécie que apresenta o menor coeficiente

$$t = \frac{b_1 - b_2}{s' (b_1 - b_2)}$$

3.9. Número de amostras:

AVERY (02) considera que a medição no campo de 50 a 100 alturas totais ou comerciais, atendendo todo o intervalo de classe de DAP, deve ser obtida da área selecionada para o estudo relacionado com tabelas de volume.

HUSCH (20) e LOETSCH (23) citam apenas que há necessidade de um certo número de árvores, dando um caráter bastante subjetivo para a escolha do número exato de árvores necessárias para a elaboração de tabelas de volume.

Levando-se em conta que são vagas as considerações a respeito dessa estimativa, no presente trabalho a mesma foi calculada em função do número de árvores utilizado para atender o objetivo desse trabalho.

Com um limite de erro de 10% a um nível de probabilidade de 0.95, foi utilizada a fórmula da amostragem aleatória para o cálculo do número de amostras necessárias para a elaboração de uma tabela de volume para cada espécie florestal, da seguinte maneira,

$$n = \frac{s^2 \cdot t^2}{\epsilon^2}$$

onde:

n = estimativa do número de árvores (amostras)

s² = estimativa da variância dos cálculos preliminares

t = teste de significância estatística a 0.95 de probabilidade e (n-1) graus de liberdade

ε = (LE% . \bar{x})

3.10 Teste de Bartlett

Esse teste foi aplicado para verificar a homogeneidade das variâncias entre classes diamétricas, através da seguinte fórmula:

$$B' = (\sum (F-1) \ln \bar{s}^2 - \sum (F-1) (\ln s_i^2))$$

3.11 Percentagem de casca:

A percentagem de casca foi obtida em função das seguintes equações,

$$C(\%) = \frac{V_{c/c} - V_{s/c}}{V_{c/c}} \times 100 \quad \text{e} \quad C(\%) = \frac{V_{c/c} - V_{s/c}}{V_{s/c}} \times 100$$

respectivamente em relação ao volume comercial com casca e volume comercial sem casca.

3.11 Fator de forma:

Para a determinação do fator de forma foi utilizada uma função derivada da equação volumétrica sem casca, baseado na relação entre o volume de uma árvore e o volume de um sólido geométrico de mesmas dimensões, ou seja, de altura e diâmetro, que é:

$$V = a + b D^2 H$$

$$\frac{V}{\pi/4 D^2 H} = \frac{a}{\pi/4 D^2 H} + \frac{b D^2 H}{\pi/4 D^2 H}$$

$$FF = \frac{a}{\pi/4 D^2 H} + \frac{b}{\pi/4}$$

4. RESULTADOS

4. RESULTADOS

4.1. Teste de homogeneidade da variância:

A verificação da homogeneidade da variância de cada tratamento foi obtida através do teste de Bartlett, para cada espécie florestal envolvida pelo trabalho de pesquisa, a um nível de 0.95 de probabilidade.

O teste de Bartlett para cada espécie florestal é apresentado no apêndice, quadro nº 02.

4.2. Equações volumétricas:

As equações de volume foram calculadas através do método dos mínimos quadrados, sendo que um exemplo da somatória dos resíduos entre os valores estimados e observados é apresentado na Fig. nº 06 do apêndice e a distribuição desses resíduos (padronizados), na Fig. nº 07 - modelo para volume comercial sem casca.

Neste trabalho foi utilizada a equação da variável combinada ou de SPURR, $V = a + b D^2 H$, dando maior ênfase ao volume comercial sem casca.

A análise dos coeficientes de regressão da equação da variável combinada é apresentada no quadro nº 03 do apêndice, para volume comercial sem casca.

As equações utilizadas para a elaboração dos gráficos apresentados nas Fig. nº 08 e 09, respectivamente para volumes comerciais com e sem casca, são apresentadas no quadro nº 04 do apêndice.

4.3. Análise estatística dos grupos de espécies florestais envolvidos pelo trabalho:

Para realizar esta operação, primeiramente foi necessário descrever as sub-populações, quadro nº 05 do apêndice, de acordo com as classes diamétricas e de altura, em função de seus respectivos desvios padrões.

Classes de diâmetro (cm)

1	2	3	4
<35.93	35.93 - 52.33	52.34-68.74	>68.74

Classes de altura (m)

1	2	3	4
<16.04	16.04 - 19.14	19.15-22.25	>22.25

A partir do quadro nº 05 foram feitas a análise da variância e teste de linearidade das sub-populações estudadas, as quais são apresentadas no quadro nº 06 do apêndice.

A análise das observações dentro e entre os grupos foi feita através da análise de "break down".

4.4. Variáveis "dummy":

O modelo de regressão gigante e os modelos sob hipóteses obtidos com a utilização das variáveis "dummy" são apresentados no quadro nº 08 do apêndice.

O teste de paralelismo dos coeficientes angulares foi feito em função do menor e maior coeficiente de regressão b , apresentado no quadro nº 04, sendo que o maior coeficiente foi constatado na equação de volume comercial sem casca das Canelas (0.257) e o menor, na equação para a Canafístula (0.248). O resultado desse teste é apresentado no quadro nº 09 do apêndice.

4.5. Número de amostras e coeficiente de variação:

Tanto o número de amostras necessárias para a elaboração de tabelas de volume, como o coeficiente de variação foram calculados a partir dos dados contidos nos quadros nº 05 e 06 e são apresentados no quadro nº 07 do apêndice.

4.6. Fator de forma e percentagem de casca:

Conforme as equações apresentadas no quadro nº 10 do apêndice, foram determinados graficamente um fator de forma comercial sem casca para cada espécie florestal, como também a percentagem de casca para todas as espécies florestais em relação ao volume comercial com casca e volume comercial sem casca.

Os gráficos inerentes aos fatores de forma e percentagem de casca são apresentados, respectivamente nas Fig. nº 10 e 11 do apêndice.

4.7. Tabelas de Volume:

No apêndice desse trabalho encontram-se as tabelas de volume comercial com casca e volume comercial sem casca para as diferentes espécies florestais envolvidas pelo trabalho. Essas tabelas foram obtidas a partir das equações volumétricas apresentadas no quadro nº 04, sendo que a variável independente $X_1 = D^2H$ foi dividida por 10 000 para facilitar a entrada de dados para a obtenção do volume em metros

cúbicos, em função do DAP em centímetros e a altura, em metros. Essas tabelas estão numeradas de 01 a 08.

4.8. Função da altura comercial:

Conforme a transformação de dados, apresentada no quadro nº 11 do apêndice, é fácil visualizar que o grau de dispersão dos dados na forma linear é maior que na forma logarítmica. Por esta razão, a função utilizada na determinação da altura comercial foi na forma logarítmica, a qual é apresentada no quadro nº 11 do apêndice, inclusive com a tabela de correlação da altura comercial em relação a altura total e diâmetro à altura do peito.

4.9. ANOVA das equações testadas:

Um exemplo para a espécie Pau-marfim é apresentado no quadro nº 12, sendo de acordo com a equação simples e a ponderada ($w_i = 1/D^2H$).

4.10 Testes de hipóteses

Hipótese 1: coeficientes angulares comuns mas com diferentes pontos de intersecção.

Hipótese 2: coeficientes angulares e pontos de intersecção comuns.

Ambas as hipóteses são apresentadas no quadro nº 13.

5. DISCUSSÃO

5. DISCUSSÃO

A equação da variável combinada ou de SPURR foi utilizada no presente trabalho, desde o princípio, como um instrumental certo e seguro para a determinação do volume das espécies florestais envolvidas pelo trabalho, sendo aplicada na elaboração de tabelas de volume comercial com casca e volume comercial sem casca, bem como na derivação da equação destinada a estimar o fator de forma de cada espécie florestal.

O teste de Bartlett foi aplicado para a verificação da homogeneidade ou heterogeneidade de variâncias dentro de cada espécie florestal, distribuídas em classes diamétricas. A heterogeneidade dentro das variâncias ficou constatada, entretanto, a ponderação das equações de volume da variável combinada, através do peso $w_i = 1 / D_i^2 H$, não apresentou uma contribuição marcante na precisão da estimativa volumétrica, não justificando a aplicação da mesma, sendo por esta razão, desprezada.

A aplicação das variáveis "dummy" serviu somente para mostrar a equivalência de resultados obtidos através do agrupamento dos indivíduos numa só classe, não alterando, todavia, a precisão do trabalho, uma vez que não foi constatada indistinção entre as espécies florestais estudadas.

6. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

6. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Para as condições de extremo oeste paranaense, a equação da variável combinada ou de SPURR veio a confirmar resultados altamente satisfatórios, dentro de um padrão bastante acessível a qualquer tipo de levantamento florestal ou pessoas que venham a se interessar pela determinação do potencial volumétrico das quatro espécies florestais estudadas.

O teste de paralelismo dos coeficientes angulares mostrou a um nível de 95% de probabilidade que, existem amplas possibilidades de se utilizar uma só equação de regressão para determinar o volume comercial do grupo de espécies florestais envolvido pela presente pesquisa, ou seja, Canafístula, Cedro, Pau-marfim e Canelas. Essa consideração pode ser enquadrada nesse contexto como um aval parcial para a utilização de uma só equação volumétrica nos inventários florestais realizados em povoamentos nativos de folhosas, em condições similares às do extremo oeste do estado do Paraná.

Os fatores de forma comerciais das quatro espécies florestais estudadas apresentaram uma certa constância, em torno de 0.4, com o aumento do produto de D^2H (m^3), demonstrando também que, o fator de forma comercial diminui com o aumento das dimensões das árvores.

Quanto ao número ideal de árvores necessárias para a elaboração de tabelas de volume, o quadro nº 07 apresenta uma alternativa bastante palpável uma vez que, os cálculos foram baseados em dados reais e precisamente medidos. Essa informação pode ser utilizada, sem restrições, na elaboração de tabelas de volume para a região estudada, desde que se queira um trabalho com um limite de erro de 10% a um nível de probabilidade de 0.95.

7. RESUMO

7. RESUMO

O presente trabalho de pesquisa foi desenvolvido com o propósito de estudar o comportamento da equação volumétrica da variável combinada ou de SPURR, $V = a + b D^2 H$, na elaboração de tabelas de volumes comerciais com e sem casca para as seguintes espécies florestais: Canafístula (Leguminosae), Cedro (Meliaceae), Pau-marfim (Rutaceae) e Canelas (Lauraceae).

A avaliação desse estudo foi realizado em função do método dos mínimos quadrados, para as condições edafo-climáticas da região compreendida pelo extremo oeste paranaense, ao longo da faixa marginal esquerda do rio Paraná, entre os municípios de Foz do Iguaçu e Gua ira.

Após a determinação dos coeficientes de regressão da equação volumétrica proposta, foram elaboradas tabelas de volume, para cada espécie florestal, sendo atribuído maior ênfase ao volume comercial, uma vez que, é este o volume utilizado nas indústrias madeireiras, principalmente serrarias.

Para uma melhor compreensão do comportamento do volume comercial de uma árvore, foi realizado um estudo, em paralelo, do fator de forma comercial, percentagem de casca e da altura comercial.

8 . SUMMARY

8. SUMMARY

The present research involved the development of volume equations using combined variables (the product of $(DBH)^2$ and height) as per SPURR's model: $V = a + b D^2 H$. Commercial volume tables are presented for the following species : Canafístula' (Leguminosae), Cedro (Meliaceae), Pau-marfim (Rutaceae) and Canelas (Lauraceae).

Least Squares method was used in determining these volume functions. These apply to the specific region (with its particular edaphic and climatic factors), of the extreme west of Parana State, more specifically, the area left of the Parana River, between the municipalities of Foz do Iguaçu and Guaira.

After the determination of the volume regression equations for each species, with special emphasis to commercial' volume, volume tables were prepared. The commercial volume reflects essentially the volume utilized by the timber industry, the saw - milling industry in particular.

Commercial form factors, the percentage of bark volume, and the prediction of commercial height, are also presented in this work, for a better understanding of these volume functions.

LITERATURA CONSULTADA

LITERATURA CONSULTADA

01. ANUCHIN, N.P. Forest mensuration. Jerusalem, Israel Program ' for Scientific Translations, 1970. 494 p.
02. AVERY, T.E. Forest mensuration. New York, McGraw-Hill, 1967 . 290 p.
03. BONES, J.T. Volume tables and equations for old-growth Western Hemlock and Sitka spruce in Southeast Alaska. U.S.For.Serv. Res. Note PNW-91, 1968. 11 p.
04. BRUCE, D. & SCHUMACHER, F.X. Forest mensuration. 3ed. New York, McGraw-Hill, 1950. 81 p.
05. CHAPMANN, H.H. & MEYER, W.H. Forest mensuration. New York, McGraw-Hill, 1949. 522 p.
06. COMISSÃO DE ESTUDO DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS DO ESTADO DO PARANÁ. Levantamento de reconhecimento dos solos do oeste do Paraná (informe preliminar). Curitiba, 1972. 97 p . (Brasil. Departamento Nacional de Pesquisa Agropecuária . Divisão de Pesquisa Pedológica, Boletim Técnico, 39).
07. CUNIA, T. Dummy variables and some of their uses in regression analysis. In: IUFRO, Subject Group S4.02, Nancy, 1973. Proceedings. Syracuse, College of Environmental Science and Forestry, 1973. 1: 1-146.
08. CURTIS, R.O.; BRUCE, D. & VANCORVERING, C. Volume and taper ' tables for red Alder. U.S.For.Serv.Res.Pap. PNW-56, 1968. 35 p.
09. DIPPOLD, R.M. & FARR, W.A. Volume tables and equations for ' white spruce, Balsam poplar, and paper birch of the Kuskokwim River Valley, Alaska. U.S.For.Serv.Res.Note PNW-147, 1971 . 7 p.
10. DRAPER, N. & SMITH, H. Applied regression analysis. New York, John Wiley, 1966. 407 p.
11. EDITORA INDUSTRIAL TECO. As madeiras brasileiras. São Paulo , 1971. 93 p.
12. ELETROBRAS.COMISSÃO MISTA TÉCNICA BRASILEIRO-PARAGUAIA. Relatório resumo do Projeto Itaipu. 37 p.
13. FARR, W.A. & LABAU, V.J. Cubic-foot volume tables and equations for young-growth Hemlock and Sitka spruce in Southeast Alaska. U.S.For.Serv.Res.Note PNW-269, 1976. 3 p.

14. FARR, W.A. & LABAU, V.J. Volume tables and equations for old growth western red cedar and Alaska-cedar in Southeast Alaska. U.S.For.Serv.Res.Note PNW-167, 1971. 18 p.
15. FRAYER, W.E. Weighted regression. In: PROCEEDINGS: regression methods in forest research, Forest Collins, Colorado State University, College of Forestry and Natural Resources . Department of Forestry and Wood Science, 1971. p. 61-79.
16. FREESE, F. Elementary statistical methods for foresters. Washington, Forest Service, 1967. 87 p.
17. _____ Linear regression methods for forest research. U.S. For.Serv.Res.Pap. FPL-17, 1964. 137 p.
18. GOMES, F.P. Curso de estatística experimental. 5.ed. Piracicaba, Nobel, 1973. 430 p.
19. GRIFFITH & SANT RAM. Statistical Mannual for Silviculture and management. Gov. of India Press, F.R.I. and Colleges, Dehra Dun.
20. HUSCH, B.; MILLER, C.J. & BEERS, T.W. Forest mensuration. 2ed. New York, Ronald Press, 1971. 410 p.
21. JERRAM, M.K.R. Elementary forest mensuration. London, Thomas Murby, 1958. 124 p.
22. KOZAK, A. A simple method to test parallelism and coincidence for curvilinear, multiple linear and multiple curvilinear regressions. In: IUFRO CONFERENCE ADVISORY GROUP OF FOREST STATITICIANS, 3rd., Jouy-en-Josas, 1970. Proceedings Paris, Institut National de la Recherche Agronomique, 1972. p.143-145.
23. LOETSCH, F.; ZÖHRER, F. & HALLER, N.E. Forest Inventory. München, BLV Verlagsgesellschaft, 1973. 2v. e 1v.
24. MAACK, R. Geografia Física do Estado do Paraná. Curitiba; CO-DEPAR, 1968. 350 p.
25. MCLEAN, C.D. & BERGER, J.M. Softwood tree volume equation for Major California species. U.S.For.Serv.Res.Note PNW-266 , 1976. 34 p.
26. MAINIERI, C. Madeiras brasileiras, características gerais, zonas de maior ocorrência, dados botânicos e usos. São Paulo, Instituto Florestal, 1970. 109 p.
27. MYERS, C.A. Volume tables and point-sampling factors for Longepole Pine in Colorado and Wyoming. U.S.For.Serv.Res.Pap.

- RM-6, 1964. 16 p.
28. MYERS, C.A. Volume tables and point-sampling factors for 'Ponderosa pine in the Black Hills. U.S.For.Serv.Res.Pap. RM-8, 1964. 16 p.
 29. _____ Volume, taper, and related tables for Southwestern ponderosa pine. U.S.For.Serv.Res.Pap. RM-2, 1963. 24 p.
 30. _____ & EDMISTER, C.B. Volume tables and point-sampling factors for Engelmann Spruce in Colorado and Wyoming. U.S. For.Serv.Res.Pap.RM-95, 1972. 23 p.
 31. PIO CORREA, M. Dicionário das plantas úteis do Brasil e das exóticas cultivadas. Rio de Janeiro, Ministério da Agricultura, IBDF, 1926-1975.
 32. RIZZINI, C.T. Árvores e madeiras úteis do Brasil, manual de Dendrologia brasileira. São Paulo, USP, 1971. 294 p.
 33. _____ & MORS, W.B. Botânica econômica brasileira. São Paulo, USP, 1976. 207 p.
 34. SCHULTZ, A.R. Introdução ao estudo da botânica sistemática. Rio de Janeiro, Globo, 1963. v.2
 35. SILVA, J.A. Seleção de parcelas amostrais aplicadas em povoa-mentos de Pinus taeda L. para fins biométricos em Santa Ma-ria. Santa Maria, Universidade Federal. Curso de Pós-gra-duação em Engenharia Rural, 1974. 69p. (Tese de mestrado)
 36. SIQUEIRA, J.D.P. Tabelas de volume para povoamentos nativos' de Araucaria angustifolia (Bert)O. Ktze, no sul do Brasil. Curitiba, Setor de Ciências Agrárias. Curso de Pós-gradua-ção em Engenharia Florestal, 1977. 163f. (Tese de mestrado)
 37. SNEDECOR, G.W. Statistical methods. Ames, Iowa, 1956. 534 p.
 38. SPIEGEL, M.R. Estatística. Rio de Janeiro, Ao livro técnico, 1968. 580 p.
 39. SPURR, S.M. Forest inventory. New York, Ronald Press, 1952. 476 p.
 40. STEEL, R.G.D. & TORRIE, J.M. Principles and procedures of statistics. New York, McGraw-Hill, 1960. 481 p.
 41. UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ. CENTRO DE PESQUISAS FLORESTAIS Inventário Florestal dos postos indígenas dos estados do 'Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul. Curitiba, Con-vênio FUNAI/SUDESUL/Setor de Ciências Agrárias, 1973.

APÉNDICE

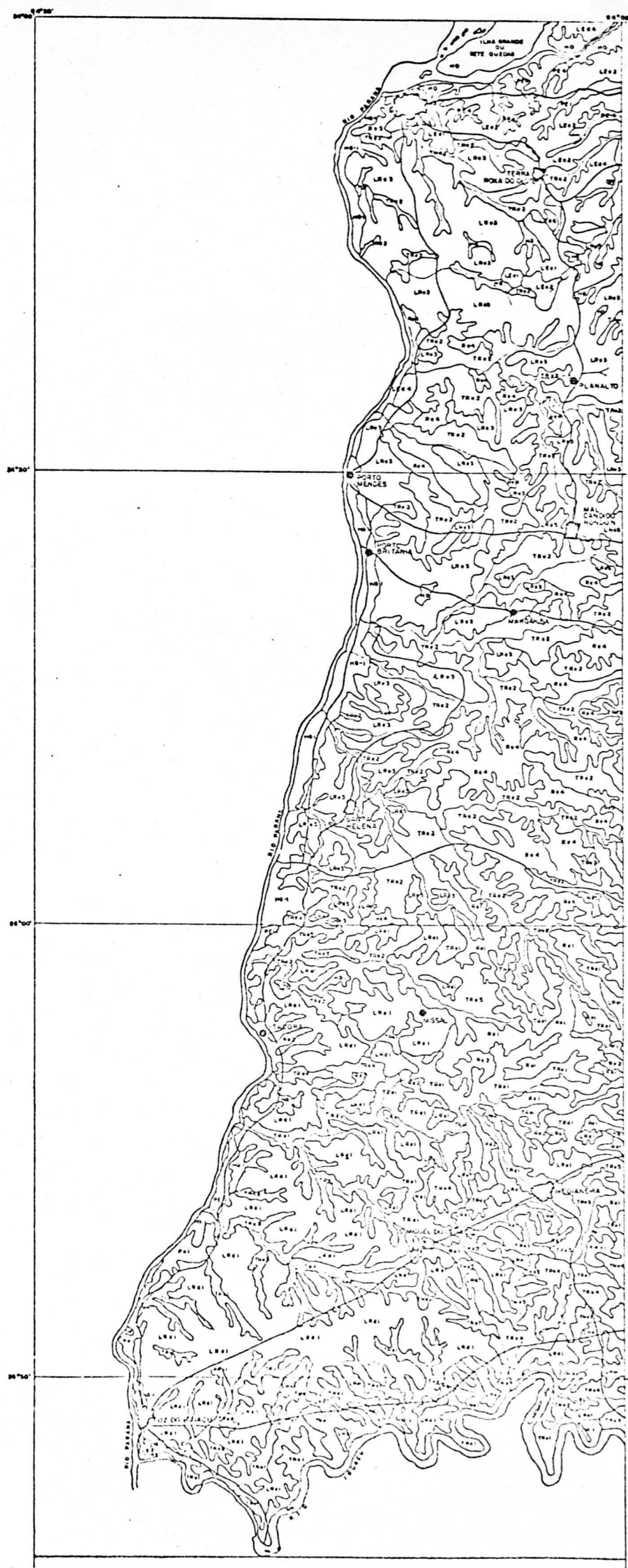


Fig. (01): Tipos de solo da região estudada

MESES	TEMP	NOMO	CORR.	EP	P	P-EP	N. AC.	ARM.	ALT.	ER	DEF.	EXC.
a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	l	m	n
JAN.	24,9	117	1.17	137	135	- 2	- 2	125	- 2	137	0	0
FEV.	24.7	114	1.01	115	127	+ 12	0	125	+ 2	115	0	10
MAR.	23.4	102	1.05	107	141	+ 34	0	125	0	107	0	34
ABR.	20.3	75	0.96	72	126	+ 54	0	125	0	72	0	54
MAI.	16.8	50	0.94	47	112	+65	0	125	0	47	0	65
JUN.	15.3	41	0.87	36	126	+ 90	0	125	0	36	0	90
JUL.	15.2	41	0.92	38	96	+ 58	0	125	0	38	0	58
AGO.	16.8	50	0.98	49	91	+ 42	0	125	0	49	0	42
SET.	18.5	61	1.00	61	166	+105	0	125	0	61	0	105
OUT.	20.9	80	1.10	88	198	+110	0	125	0	88	0	110
NOV.	22.7	94	1.11	104	113	+ 9	0	125	0	104	0	9
DEZ.	24.2	110	1.18	130	141	+ 11	0	125	0	130	0	11
ANO	20.3			984	1572	+588			0	984	0	588

FOZ DO IGUAÇU - PR

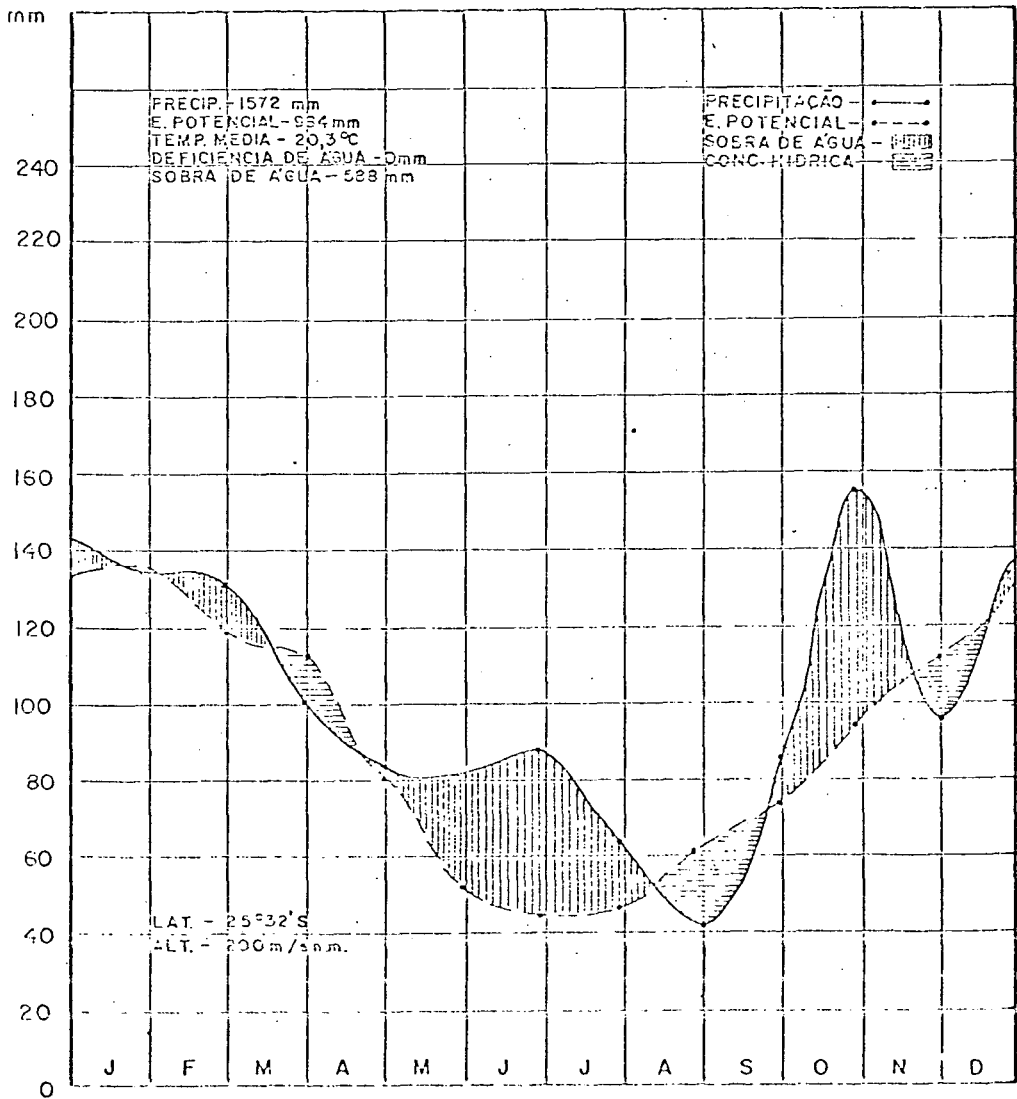


Fig. (02): Balanço Hídrico segundo THORNTHWAITE para Foz do Iguaçu

MESES	TEMP	NOMO	CORR.	EP.	P.	P - EP	N. AC.	ARM.	ALT.	ER	DEF.	EXC.
a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	l	m	n
JAN.	24.8	118	1.17	138	162	+ 24	0	125	+ 3	138	0	24
FEV.	24.7	116	1.01	117	170	+ 53	0	125	0	117	0	53
MAR.	23.4	101	1.05	106	138	+ 32	0	125	0	106	0	32
ABR.	20.6	76	0.96	73	107	+ 34	0	125	0	73	0	34
MAI.	17.2	51	0.94	48	115	+ 67	0	125	0	48	0	67
JUN.	15.8	43	0.87	37	148	+111	0	125	0	37	0	111
JUL.	15.6	43	0.92	40	89	+ 49	0	125	0	40	0	49
AGO.	17.4	52	0.98	51	79	+ 28	0	125	0	51	0	28
SET.	19.0	64	1.00	64	128	+ 64	0	125	0	64	0	64
OUT.	21.2	82	1.10	90	219	+129	0	125	0	90	0	129
NOV.	22.8	96	1.11	107	142	+ 35	0	125	0	107	0	35
DEZ.	24.2	110	1.18	130	127	- 03	- 3	122	- 3	130	0	0
ANO	20.6			1001	1624	+623			0	1001	0	623

SANTA HELENA-PR

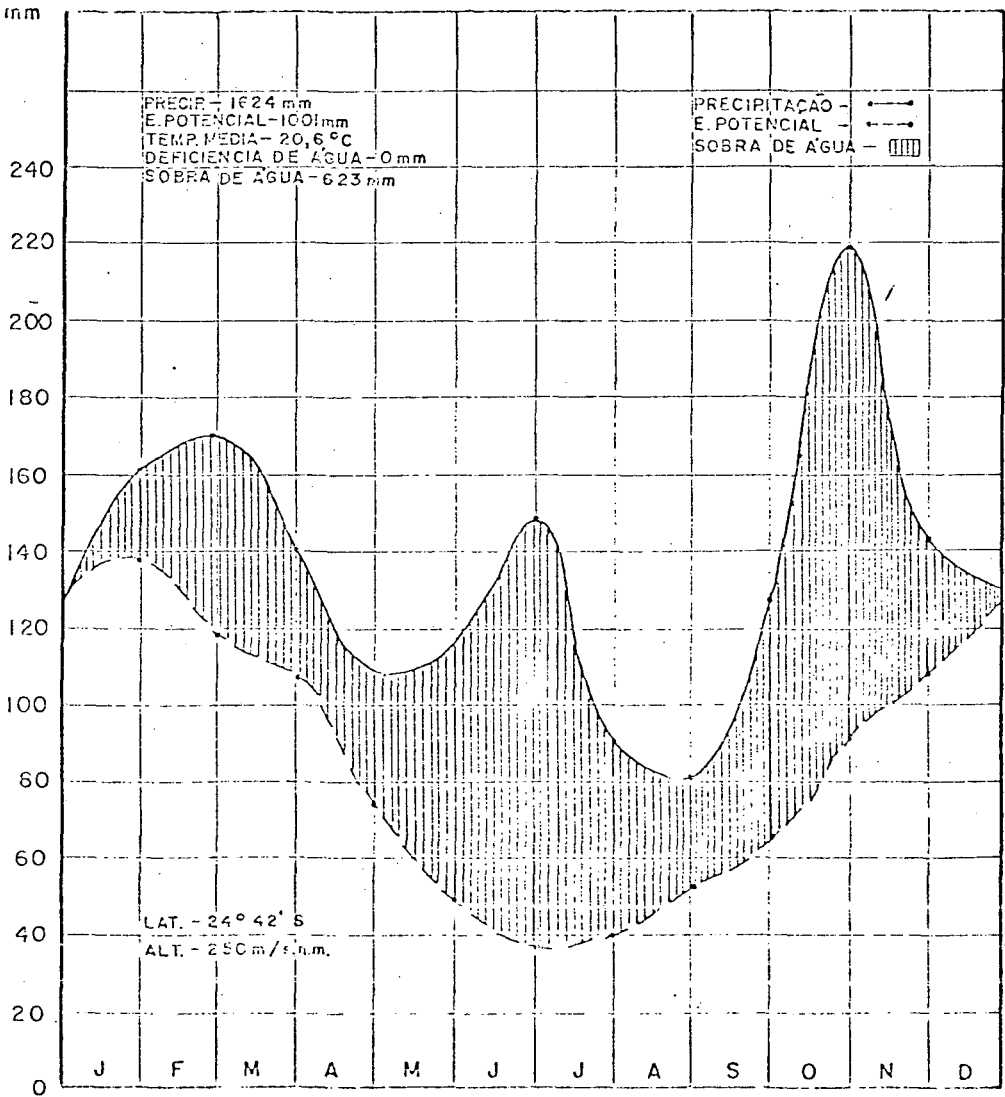


Fig. (03) : Balanço Hídrico segundo THORNTHWAITTE para Santa Helena

MESES	TEMP	NOMO	CORR.	EP	P	P-EP	N. AC.	ARM.	ALT.	ER	DEF	EXC.
a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	l	m	n
JAN.	24.1	109	1.17	128	168	+ 40	0	125	0	128	0	40
FEV.	24.1	109	1.01	110	151	+ 41	0	125	0	110	0	41
MAR.	22.9	95	1.05	100	131	+ 31	0	125	0	100	0	31
ABR.	20.3	75	0.96	72	124	+ 52	0	125	0	72	0	52
MAI.	17.1	51	0.94	48	138	+ 90	0	125	0	48	0	90
JUN.	15.8	43	0.87	37	148	+111	0	125	0	37	0	111
JUL.	15.8	43	0.92	40	108	+ 68	0	125	0	40	0	68
AGO.	17.5	53	0.98	52	93	+ 41	0	125	0	52	0	41
SET.	19.1	66	1.00	66	118	+ 52	0	125	0	66	0	52
OUT.	20.9	80	1.10	88	234	+146	0	125	0	88	0	146
NOV.	22.4	92	1.11	102	112	+ 10	0	125	0	102	0	10
DEZ.	23.4	102	1.18	120	198	+ 78	0	125	0	120	0	78
ANO	20.3			963	1723	+760			0	963	0	760

MAL. CARDIDO RONDON - PR

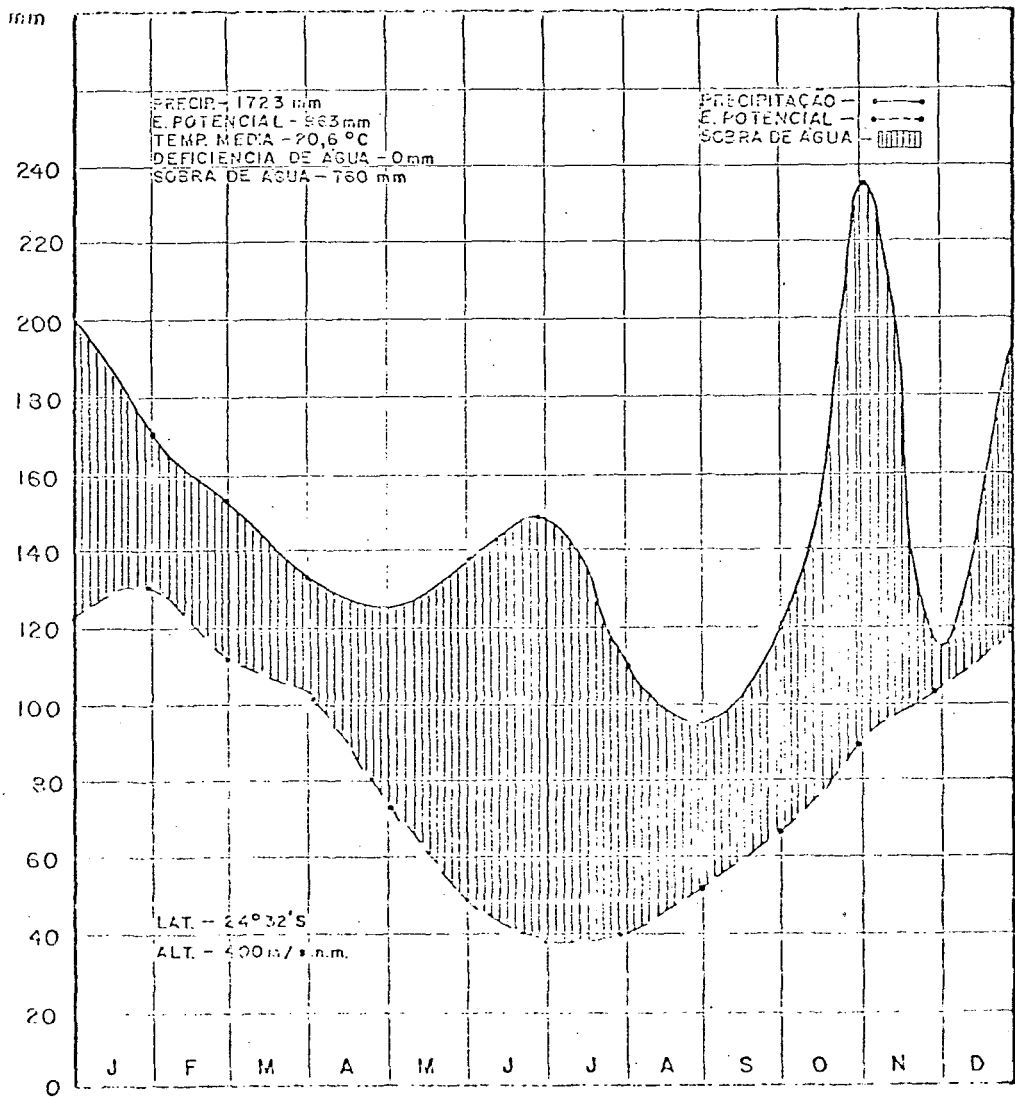


Fig. (04): Balanço Hídrico segundo THORNTHWAITE para Mal.C.Rondon

MESES	TEMP.	NOMO	CORR.	EP.	P	P-EP	N.AC.	ARM.	ALT.	ER	DEF.	EXC.
a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	l	m	n
JAN.	25.2	116	1.15	133	132	- 1	- 8	117	- 1	133	0	0
FEV.	25.2	116	1.00	116	130	+ 14	0	125	+ 8	116	0	6
MAR.	24.0	106	1.05	111	100	- 11	-11	114	-11	111	0	0
ABR.	21.5	82	0.97	79	81	+ 2	- 9	116	+ 2	79	0	0
MAI.	18.2	53	0.95	50	80	+ 30	0	125	+ 9	50	0	21
JUN.	16.9	48	0.89	43	87	+ 44	0	125	0	43	0	44
JUL.	16.9	48	0.94	45	63	+ 18	0	125	0	45	0	18
AGO.	18.8	61	0.98	60	39	- 21	-21	105	-20	60	0	0
SET.	20.3	72	1.00	72	85	+ 13	- 8	117	+12	72	0	0
OUT.	22.2	86	1.09	94	154	+ 60	0	125	+ 8	94	0	52
NOV.	23.7	100	1.10	110	94	- 16	-16	109	-16	110	0	0
DEZ.	24.6	112	1.17	131	140	+ 9	- 7	118	+ 9	131	0	0
ANO	21.5			1044	1185	+141			0	1044	0	141

GUAIRA - PR

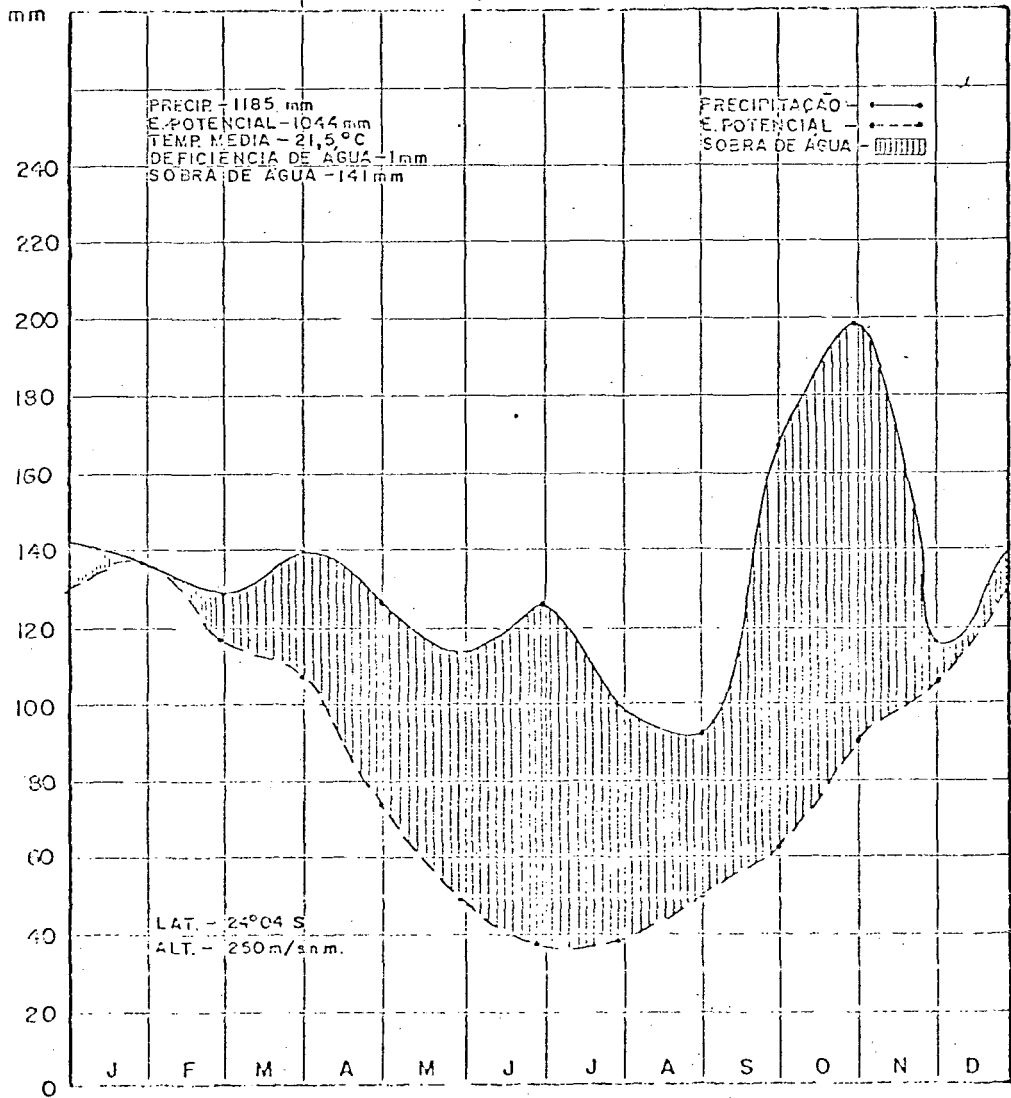


Fig. (05) : Balanço Hídrico segundo THORNTHWAITE para Guaíra

QUADRO (01) : Relação das equações volumétricas mais utilizadas para a determinação de volume individual.

V.ind.	Designação (autor)	Fórmula
d	KOPEZKY-GEHRHARDT	$v=b_0+b_1d^2$
	DISSESCU-MEYER	$v=b_1d+b_2d^2$
	HOHENADL-KRENN	$v=b_0+b_1d+b_2d^2$
	BERKHOUT	$v=b_0d^{b_1}$
	HUSCH (1963)	$\log v=b_0+b_1\log d$
	BRENAC	$\log v=b_1\log d+b_21/d$
d, h	SPURR-FF constante	$v=b_1d^2h$
	SPURR-var.combinada	$v=b_0+b_1d^2h$
	OGAYA	$v=d^2(b_0+b_1h)$
	STOATE (australiana)	$v=b_0+b_1d^2+b_2d^2h+b_3h$
	NÄSLUND (spruce)	$v=b_1d^2+b_2d^2h+b_3dh^2+b_4h^2$
	MEYER (compreensiva)	$v=b_0+b_1d+b_2d^2+b_3dh+b_4d^2h+b_5h$
	MEYER (modificada)	$v=b_0+b_1d+b_2d^2+b_3dh+b_4d^2h$
	TAKATA	$v=d^2h/(b_0+b_1d)$
	SCHUMACHER-HALL	$\log v=b_0+b_1\log d+b_2\log h$
	SPURR-var.comb.logar.	$\log v=b_0+b_1\log (d^2h)$
	INST.PESQ.FLOR.BADEN WUERTEMBERG-Alemanha	$\log v=b_0+b_1\log d+b_2\log^2d+b_3\log h+b_4\log^2h$
d, h, h _c e/ou B (Suécia/sul)	NÄSLUND spruce	$v=b_1d^2+b_2d^2h+b_3dh^2+b_4h^2+b_5d^2h_c$
	pine	$v=b_1d^2+b_2d^2h+b_3dh^2+b_4d^2h_c+b_5dhB$
	birch	$v=b_1d^2+b_2d^2h+b_3dh^2+b_4h^2+b_5dhB$
d, h e k _i ou d _i ou d _{0.3h} ou d _{0.5h}	SPURR-classe de forma aritmética	simplif. $v=b_0+b_1k_id^2h=b_0+b_1d_idh$ var.comb $v=b_0+b_1k_i+b_2d^2h+b_3k_id^2h$
	SCHIFFEL	$v=d^2h(b_0+b_1k+b_21/hk)$
	OGAYA	$v=b_0+b_1d_{0.5h}dh$
	POLLANSCHÜTZ	$v=\pi/4(b_0d^2h+b_1dd_{0.3h}h+b_2h^2)$
	SCHMID	$v=b_0+b_1d+b_2h+b_3d_7+b_3dh+b_5d^2+b_6h^2+b_7d_7^2+b_8hd_7^2+b_9d^2d_7+b_{10}dh^2d_7$

SIMBOLOS USADOS:

v=volume cúbico c/ ou s/casca d=DAP c/ casca, raramente s/casca

d_i=diâm.na altura "i", acima do solo h=altura total h_c=alt.copa

d_{0.3h} e d_{0.5h}=diâm.na alt. relativa 0.3 e 0.5m, acima do solo

g=área basal na altura do peito B=espessura dupla da casca

$$k=\frac{d_{0.5h}}{d}$$

quocientes de forma artificiais

$$k=\frac{d_i}{d}$$

QUADRO (02): TESTE DE BARTLETT

Exemplo para a espécie florestal Pau-marfim (s/casca)

$$B' = X^2 = (F-1) \ln \bar{s}^2 - (F-1) (\ln s_i^2)$$

CLASSES DE DIÂM. (cm)	F-1	SOMA (V)	VARIÂNCIA	(F-1) in s_i^2	SQ corr.
20 - 24,9	4	1.7419	0.01040	- 18.2638	0.0417
25 - 29,9	9	4.0098	0.00545	- 46.9093	0.0491
30 - 34.9	18	12.6920	0.03576	- 59.9567	0.6436
35 - 39.9	15	12.9685	0.02002	- 58.6653	0.3003
40 - 44,9	23	27.2599	0.05325	- 67.4534	1.2248
45 - 49.9	20	27.7333	0.12422	- 41.7140	2.4843
50 - 54.9	4	9.5673	0.32394	- 4.5088	1.2958
55 - 59.9	4	8.6757	0.03027	- 13.9904	0.1210
60 - 64.9	0	2.0141	-		
TOTAL	97			- 311.4617	6.1606

$$X^2 = B' = 44.0715 *$$

$$X^2_{0.05,8} = 15.51$$

ANÁLISE DOS COEFICIENTES DE REGRESSÃO

QUADRO (03) : Análise dos coeficientes de regressão de volume sem casca

	a	b	MQ _{Res.}	s _b	R ²	F	β
CANAFÍSTULA	0.166	0.248	0.213	0.010	0.934	662.957	0.966
CEDRO	0.104	0.248	0.055	0.009	0.894	779.549	0.946
PAU MARFIM	0.068	0.255	0.030	0.010	0.869	680.943	0.932
CANELAS	0.055	0.257	0.030	0.007	0.917	1487.952	0.958

EQUAÇÕES VOLUMÉTRICAS

QUADRO (04) : Equações obtidas a partir do método dos mínimos quadrados

VOLUME COMERCIAL SEM CASCA

CANAFÍSTULA	:	$V = 0.166 + 0.248 D^2 H$	$R^2 = 0.934$
PAU MARFIM	:	$V = 0.063 + 0.255 D^2 H$	$R^2 = 0.869$
CEDRO	:	$V = 0.104 + 0.248 D^2 H$	$R^2 = 0.894$
CANELAS	:	$V = 0.055 + 0.257 D^2 H$	$R^2 = 0.917$

VOLUME COMERCIAL COM CASCA

CANAFÍSTULA	:	$V = 0.210 + 0.259 D^2 H$	$R^2 = 0.931$
PAU MARFIM	:	$V = 0.084 + 0.291 D^2 H$	$R^2 = 0.873$
CEDRO	:	$V = 0.144 + 0.280 D^2 H$	$R^2 = 0.911$
CANELAS	:	$V = 0.058 + 0.288 D^2 H$	$R^2 = 0.902$

comercial sem casca.

DESCRIÇÃO DAS SUB-POPULAÇÕES

Variável padrão = V , "Broken down" através do DAP, " Broken down" através da H

VARIÁVEL	CLASSE	SOMA	MÉDIA	DESVIO PADRÃO	VARIÂNCIA	N
Para toda a população		517.6270	1.3445	1.0480	1.0983	385
DAP	1	50.4429	0.5095	0.2326	0.0541	99
H	1	12.7714	0.3452	0.1625	0.0264	37
H	2	20.4254	0.5520	0.1551	0.0240	37
H	3	8.4604	0.6508	0.2019	0.0408	13
H	4	8.7857	0.7321	0.3129	0.0979	12
DAP	2	198.2002	1.0890	0.3678	0.1352	182
H	1	44.8897	0.8162	0.2235	0.0500	55
H	2	80.6525	1.0754	0.2865	0.0821	75
H	3	60.0573	1.3649	0.3642	0.1327	44
H	4	12.6008	1.5751	0.3062	0.0938	8
DAP	3	131.1668	1.9577	0.5267	0.2774	67
H	1	26.5314	1.5607	0.4666	0.2177	17
H	2	47.5405	1.9016	0.3400	0.1156	25
H	3	45.9398	2.1876	0.3931	0.1545	21
H	4	11.1551	2.7888	0.8815	0.7771	4
DAP	4	137.8180	3.7248	1.2685	1.6090	37
H	1	2.5489	2.5489	0.0000	0.0000	1
H	2	60.0128	3.3340	1.0546	1.1121	18
H	3	56.6246	4.3557	1.4305	2.0462	13
H	4	18.6317	3.7263	1.1354	1.2892	5

Total de observações: 385

QUADRO (06) : Análise da Variância e teste de linearidade das sub-populações estudadas.

----- A N Á L I S E D A V A R I Â N C I A -----

VARIÁVEL	CLASSE	SOMA (V)	MÉDIA	DESVIO PADRÃO	SOMA DOS SQ	N
DAP	1	50.4429	0.5095	0.2326	5.3031	99
DAP	2	198.2002	1.0890	0.3678	24.4795	182
DAP	3	131.1668	1.9577	0.5267	18.3105	67
DAP	4	137.8180	3.7248	1.2685	57.9231	37
TOTAL		517.6277	1.3445	0.5254	106.0162	385

----- T A B E L A D A A N O V A -----

FONTES DE VARIAÇÃO	G.L.	SOMA DOS QUADRADOS	MÉDIA QUADRÁTICA	F
Entre os grupos	3	315.7341	105.2447	
Dentro dos grupos	381	106.0162	0.2783	378.2273 **
TOTAL	384	421.7505		

----- T E S T E D E L I N E A R I D A D E -----

FONTES DE VARIAÇÃO	G.L.	SOMA DOS QUADRADOS	MÉDIA QUADRÁTICA	F
Regressão	1	290.6580	290.6580	
Desvio da linearidade	2	25.0762	12.5381	45.0552

$$R = 0.8302 \qquad R^2 = 0.6892$$

QUADRO (07) : Número de amostras por classe de diâmetro e altura necessárias para a elaboração de tabelas de volume.

NÚMERO DE AMOSTRAS E C.V.

	CLASSE	n	C.V. (%)
DAP	1	83	45.6
H	1	89	47.1
H	2	33	28.1
H	3	39	31.0
H	4	73	42.7
DAP	2	47	33.8
H	1	32	27.4
H	2	30	26.6
H	3	30	26.7
H	4	16	19.4
DAP	3	30	26.9
H	1	37	29.9
H	2	15	17.9
H	3	15	18.0
H	4	40	31.6
DAP	4	47	34.0
H	1	-	-
H	2	41	31.6
H	3	44	32.8
H	4	37	30.5

VARIÁVEIS " DUMMY "

QUADRO (08) : Modelo de regressão gigante e modelos sob hipóteses.

(1) Regressão Gigante:

$$V = 0.103 + 0.249 D^2H - 0.048 A1 - 0.035 A2 + 0.063 A3 \\ + 0.008AA1 + 0.006AA2 - 0.001AA3$$

coeficiente	valor do coef.	erro padrão (s_b)	β
b_{12}	0.249	0.009	0.95468
d_1	0.008	0.013	0.01810
d_2	0.006	0.016	0.01144
d_3	- 0.001	0.010	- 0.00542
c_1	- 0.048	0.060	- 0.02349
c_2	- 0.035	0.071	- 0.01583
c_3	0.063	0.075	0.02137
constante	0.103	0.046	

$$F_{377,7} = 838.531 ** \quad MQ_{Res.} = 0.059 \quad R^2 = 0.9396$$

(2) Modelo sob hipótese 1:

$$V = 0.087 + 0.251 D^2H - 0.0001AA1 + 0.001AA2 + 0.002AA3$$

coeficiente	valor do coef.	erro padrão (s_b)	β
b_{12}	0.251	0.006	0.96196
d_1	- 0.0001	0.007	- 0.00045
d_2	0.001	0.008	0.00160
d_3	0.002	0.006	0.00898
constante	0.087	0.024	

$$F_{380,4} = 1467.911 ** \quad MQ_{Res.} = 0.059 \quad R^2 = 0.9392$$

(3) Modelo sob hipótese 2:

$$V = 0.095 + 0.250 D^2H - 0.016 A1 - 0.007 A2 + 0.047 A3$$

coeficiente	valor do coef.	erro padrão (s_b)	β
b_{12}	0.250	0.004	0.95917
c_1	- 0.016	0.033	- 0.00764
c_2	- 0.007	0.034	- 0.00325
c_3	0.047	0.047	0.01589
constante	0.095	0.030	

$$F_{380,4} = 1474.706 ** \quad MQ_{Res.} = 0.059 \quad R^2 = 0.9395$$

TESTE DE PARALELISMO

QUADRO (09) : Teste de paralelismo das equações de regressão.

Maior coeficiente b - Canelas = b1 = 0.257

Menor coeficiente b - Canafístula = b2 = 0.248

$$n1 = 136 \quad s^2_{1 \text{ y.x}} = 0.0009$$

$$n2 = 49 \quad s^2_{2 \text{ y.x}} = 0.0454$$

$$\begin{aligned} s'^2_{\text{y.x}} &= \frac{(136-2)(0.0009) + (49-2)(0.0454)}{49 + 136 - 4} \\ &= \frac{2.2544}{181} \\ &= 0.01246 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} s'^2_{(b1-b2)} &= 0.01246 \left(\frac{1}{(136-1)(0.0009)} + \frac{1}{(49-1)(0.0454)} \right) \\ &= 0.01246 (8.23045 + 0.45889) \\ &= 0.10827 \end{aligned}$$

$$s'_{(b1-b2)} = 0.32904$$

$$t = \frac{0.257 - 0.248}{0.32904} = 0.02735$$

como $t_{0.05, 181} = 1.96$

logo, $t = 0.02735$ é não significante

FATOR DE FORMA E % DE CASCA

FATOR DE FORMA COMERCIAL SEM CASCA

CANAFÍSTULA :
$$F.F. = \frac{0.21136}{D^2H} + 0.31576$$

PAU MARFIM :
$$F.F. = \frac{0.08658}{D^2H} + 0.32470$$

CEDRO :
$$F.F. = \frac{0.13242}{D^2H} + 0.31576$$

CANELAS :
$$F.F. = \frac{0.07003}{D^2H} + 0.32720$$

PERCENTAGEM DE CASCA - Para todas as espécies florestais

EM RELAÇÃO AO VOLUME COMERCIAL SEM CASCA :

$$C (\%) = \frac{1.186 + 0.158 D^2H}{0.140 + 0.267 D^2H}$$

EM RELAÇÃO AO VOLUME COMERCIAL COM CASCA :

$$C (\%) = \frac{1.186 + 0.158 D^2H}{0.151 + 0.269 D^2H}$$

QUADRO (11) : Função da altura comercial em relação a H_{tot} e ao diâmetro à altura do peito (DAP), para as quatro espécies florestais estudadas.

FUNÇÃO ALTURA

TRANSFORMAÇÃO DE DADOS

	média	desvio padrão
LOGARITMICA: Alt. total (m)-HL	2.4887	0.2193
DAP c/casca(cm)-DL	3.7184	0.3976
LINEAR: Alt. total (m)-HL	17.5875	3.1072
DAP c/casca(cm)-DL	44.1291	16.3902

Equação 1: $HCL = f(HL)$

$HCL = a + b HL$

$a = -0.46747$ $MO_{Res.} = 0.07152$ $R^2 = 0.3559$
 $b = 0.90882$ $s_b = 0.0622$ $F_{383,1} = 213.1789^{**}$
 $\beta_b = 0.5980$

Equação 2: $HCL = f(HL, DL)$

$HCL = a + b HL + c DL$

$a = -0.31014$
 $b = 1.01425$ $s_b = 0.0698$ $\beta_b = 0.6673$ $R^2 = 0.3711$
 $c = -0.12308$ $s_c = 0.0385$ $\beta_b = -0.1468$ $F_{382,1} = 114.27^{**}$

TABELA DE CORRELAÇÃO

	HL	DL	HCL
HL	1.000	0.472	0.598
DL	0.472	1.000	0.168
HCL	0.598	0.168	1.000

QUADRO (12): Exemplo de ANOVA para a espécie florestal Pau-mar-fim sem casca

ANOVA - EQ.SIMPLES: $Y = a + b D^2H$

FONTES DE VARIAÇÃO	G.L.	SOMA DOS QUADRADOS	MÉDIA QUADRÁTICA	F
Regressão	1	23.3696	23.3696	
Resíduo	104	1.3077	0.0125	1858.52
TOTAL	105	24.6773		

$r = 0.9731429$

$sy.x = 0.1121351$

ANOVA - EQ.PONDERADA ($w_i = 1/D^2H$)

FONTES DE VARIAÇÃO	G.L.	SOMA DOS QUADRADOS	MÉDIA QUADRÁTICA	F
Regressão	1	24.8029	24.8029	
Resíduo	104	1.3290	0.0127	1940.85
TOTAL	105	26.1320		

$r = 0.9742385$

$sy.x = 0.1130461$

QUADRO (13): Testes de hipóteses das equações de volume comercial sem casca

Hipótese 1: coeficientes angulares comuns mas com \neq s pontos de intersecção

FONTES DE VARIAÇÃO	G.L.	SQ	MQ
Mod. máximo	8	1891.175	236.397
Mod. sob hipótese 1	5	1890.594	378.119
Diferença	3	0.581	0.194
Resíduo	377	26.226	0.069
TOTAL	385	3808.576	

$F_{0.05,3,377} = 2.812$ não significativa.

Hipótese 2: Coeficientes angulares e pontos de intersecção comuns

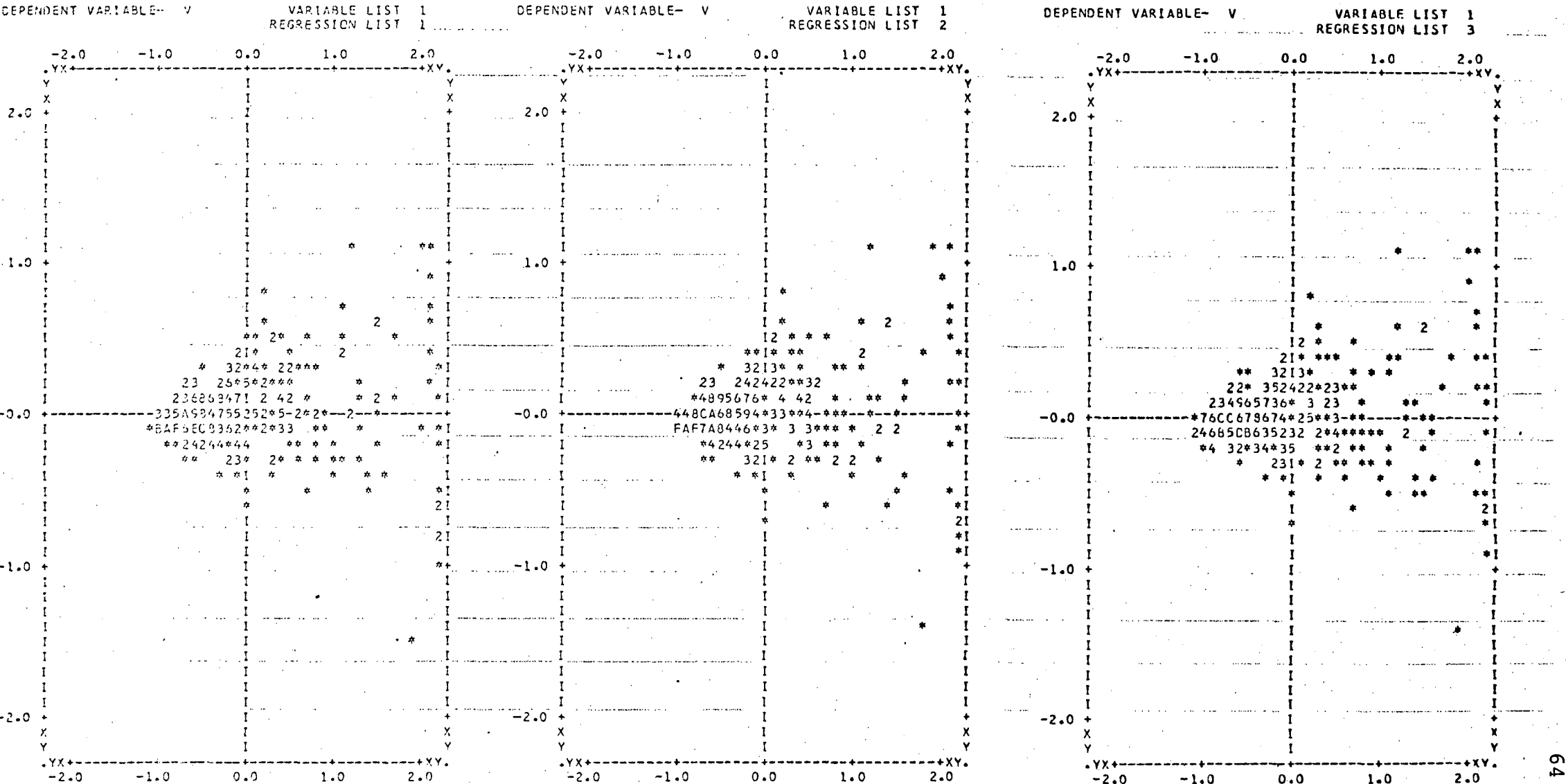
FONTES DE VARIAÇÃO	G.L.	SQ	MQ
Mod. sob hipótese 1	5	1890.594	378.119
Mod. sob hipótese 2	2	1890.419	945.210
Diferença	3	0.175	0.058
Resíduo	380	26.807	0.071
TOTAL	385		

$F_{0.05,3,380} = 0.817$ não significativa.

154	1.430599	1.432566	-.1967272E-02	*	I
155	1.091294	1.176887	-.9559292E-01	*	I
156	.1435736	.1995134	-.5593919E-01	*	I
157	1.267944	1.326587	-.5864329E-01	*	I
158	.6682128	1.045511	-.3772990	*	I
159	.3523683	.4408039	-.8843541E-01	*	I
160	2.125729	1.918614	.2171139	*	I *
161	.8369825	.7501525	.8883005E-01	*	I *
162	.7480144	.7254882	.2252614E-01	*	I
163	.6240764	.6824415	-.5936513E-01	*	I
164	.9106856	1.030752	-.2200659	*	I
165	.7898345	.6002779	.1895565	*	I *
166	.6691532	.5670031	.1021551	*	I *
167	1.555399	1.278260	.2771381	*	I *
168	2.858334	3.010398	-.1520652	*	I
169	.5486292	.7354053	-.1867761	*	I
170	.8770823	1.390551	-.5134691	*	I
171	.8744017	.9263232	-.6192150E-01	*	I
172	1.508206	1.509993	-.1786810E-02	*	I
173	.7076032	.6062763	.1013269	*	I *
174	.6001315	.6704326	-.7030112E-01	*	I
175	.3749100	1.010163	-.1356534	*	I
176	1.133698	1.138910	.4973689E-01	*	I
177	.7781318	.9216702	-.1435384	*	I
178	1.364771	1.281032	.8373904E-01	*	I *
179	1.094391	1.072591	.2179015E-01	*	I
180	.9321477	1.064257	-.2321090	*	I
181	.6988617	.8163838	-.1275221	*	I
182	.5579950	.4483055	.1096394	*	I *
183	1.491330	1.619548	-.1282181	*	I
184	1.730892	1.845872	-.1149802	*	I
185	.6221129	.6938404	-.7172751E-01	*	I
186	.6080149	.6046680	.3346992E-02	*	I
187	.9061900	.9105211	-.4331067E-02	*	I
188	1.222469	1.072591	.1498781	*	I *
189	1.172872	1.128523	.4434853E-01	*	I
190	1.135722	1.326587	-.1908655	*	I
191	1.514899	1.342120	.1777784	*	I *
192	.8513340	.8199924	.4240162E-01	*	I
193	.8490923	.7625440	.8654827E-01	*	I *
194	.8683346	.7164883	.1518462	*	I *
195	3.337152	3.613390	-.2762392	*	I
196	.9279070	1.014987	-.8707988E-01	*	I
197	.2939694	.3354694	-.5146996E-01	*	I
198	2.962455	2.759841	.1026142	*	I *
199	.5628408	.6303319	.3250389E-01	*	I
200	.5622843	.5905738	-.2828958E-01	*	I
201	.8219179	.7769705	.4494737E-01	*	I
202	2.144133	2.227436	-.8330429E-01	*	I
203	1.313731	1.134643	.1790884	*	I *
204	.7382730	.8546551	-.1163821	*	I
205	.7523460	.7792163	-.2687034E-01	*	I
206	.4113850	.4651470	-.5376095E-01	*	I
207	2.546907	2.277987	.2709206	*	I *

Fig. (6) Ex. de resíduos entre observações e estimadores - modelo para volume sem casca.

***** PLOT- STANDARDIZED RESIDUAL (DOWN) -- PREDICTED STANDARDIZED DEPENDENT VARIABLE (ACROSS) *****



ROWS, COLUMNS Y- VALUES OUTSIDE (-3.0,3.0) ROWS, COLUMNS X- VALUES IN (-3.0,-2.05) OR (2.05,3.0)

Fig. (7) Distribuição dos resíduos (padronizados) - modelo para volume sem casca.

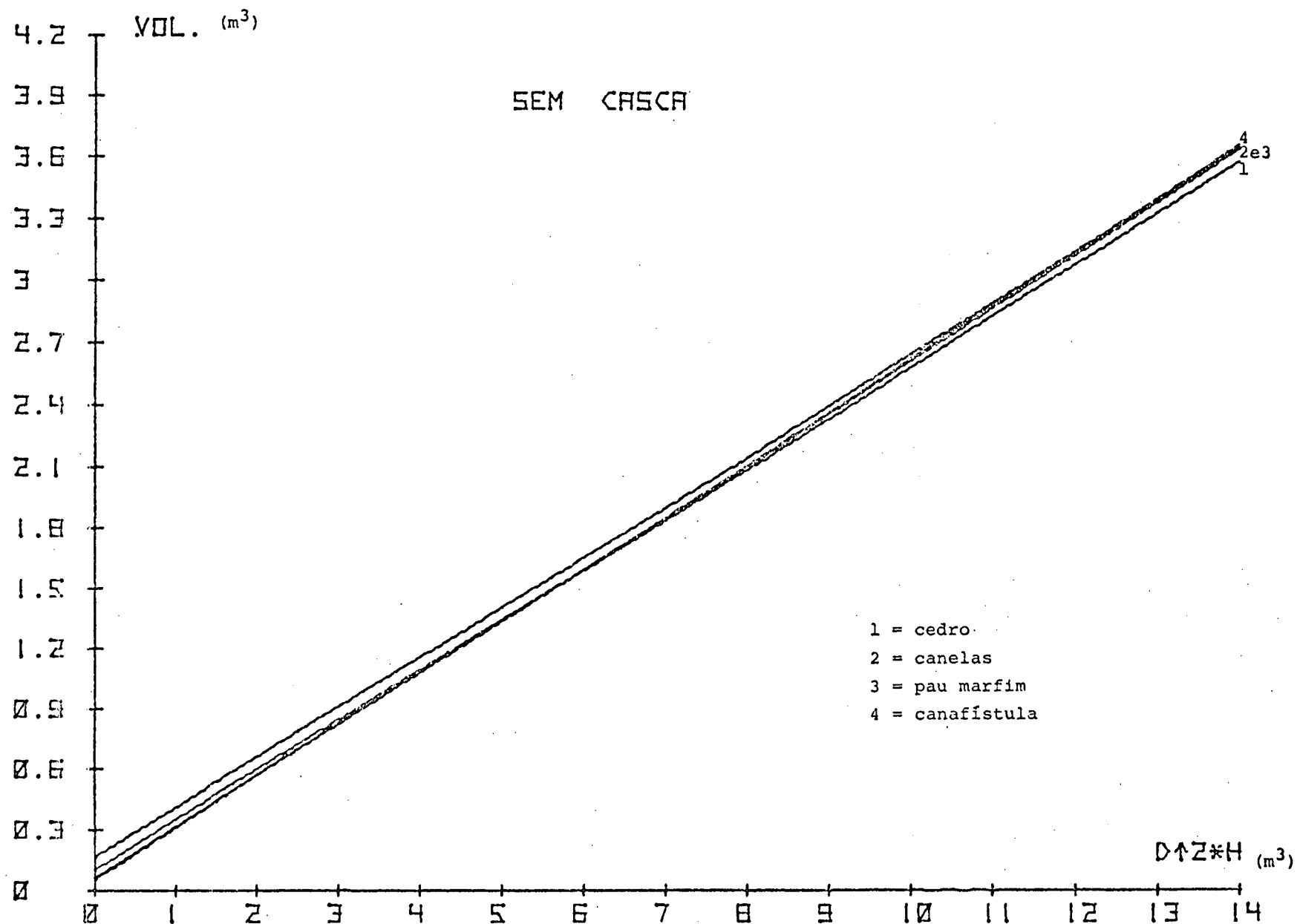


Fig. (8) Distribuição dos volumes comerciais sem casca (m³) em relação ao D²H

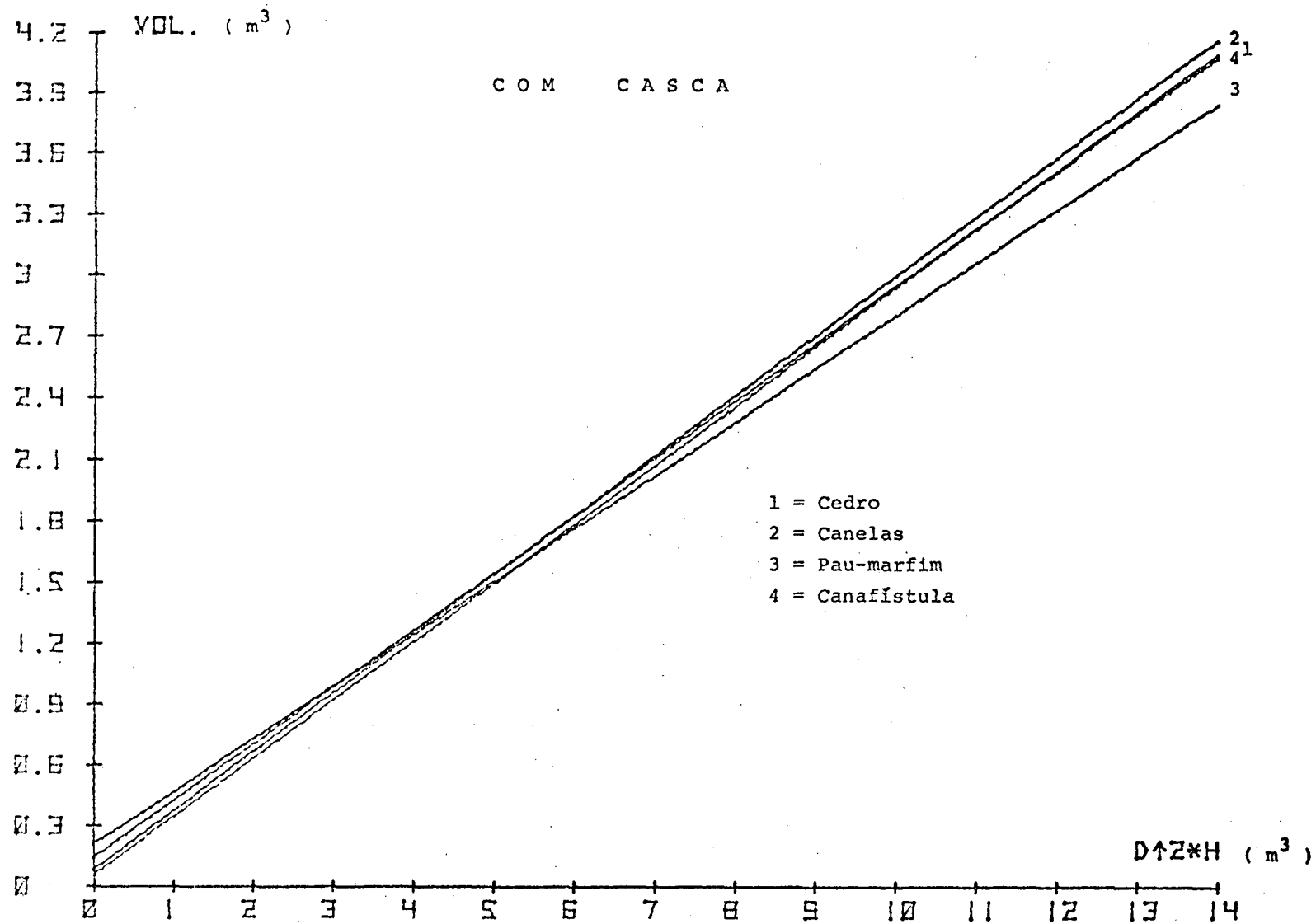


Fig. (09) : Distribuição dos volumes comerciais com casca em relação ao D²H.

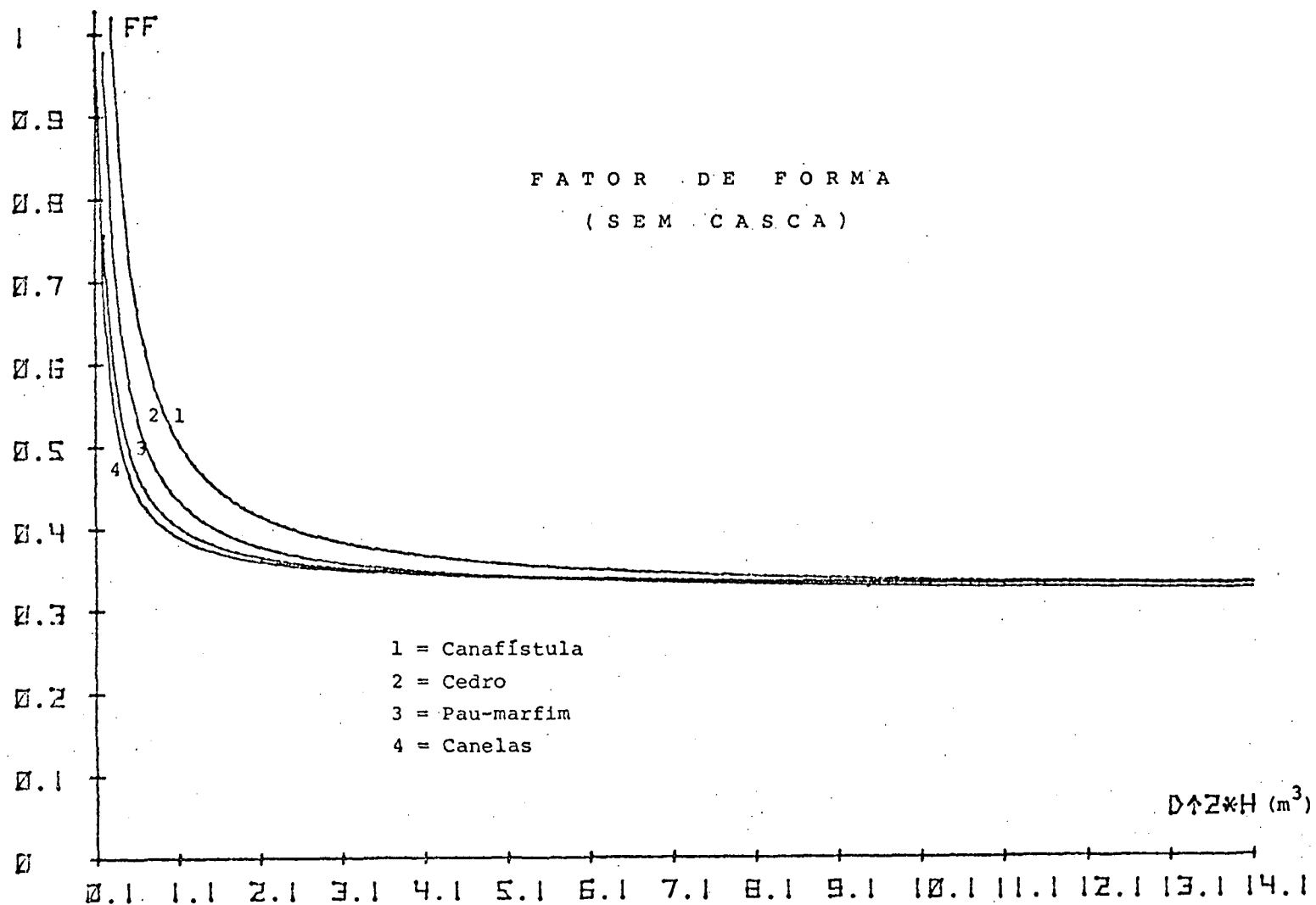


Fig. (10) : Relação entre o fator de forma comercial de cada espécie e seu respectivo D^2H .

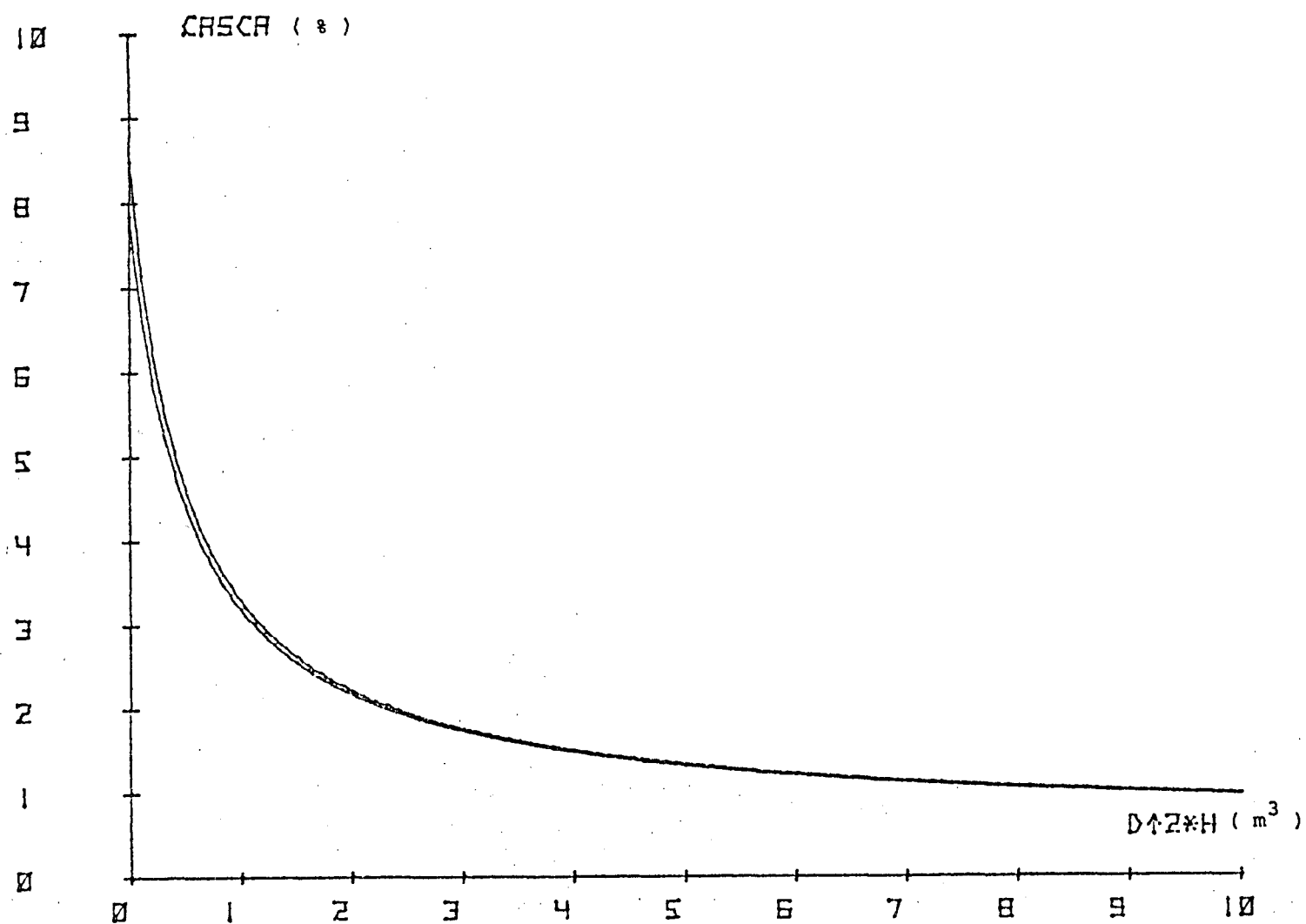


Fig. (11) : Distribuição das percentagens de casca em relação a D^2H .

QUADRO (14): Tabela de volume comercial sem casca para a espécie florestal Canafistula

LOCAL: EXTREMO OESTE PARANAENSE

- ESPECIE: CANAFISTULA

VOLUME SEM CASCA = $0.166 + 0.0000248 * D^2 * H$

A L T U R A (M)													
DAP (CM)	5.0	6.0	7.0	8.0	9.0	10.0	11.0	12.0	13.0	14.0	15.0	16.0	17.0
15.0	0.194	0.199	0.205	0.211	0.216								
18.0	0.205	0.214	0.222	0.230	0.238								
21.0	0.221	0.232	0.243	0.253	0.264	0.275							
24.0	0.237	0.252	0.266	0.280	0.295	0.309							
27.0	0.255	0.274	0.293	0.311	0.329	0.347	0.365						
30.0	0.279	0.300	0.322	0.345	0.367	0.389	0.412						
33.0	0.301	0.328	0.355	0.382	0.409	0.436	0.463						
36.0	0.327	0.359	0.391	0.423	0.455	0.487	0.520	0.552					
39.0	0.355	0.392	0.430	0.468	0.505	0.543	0.581	0.619					
42.0	0.383	0.428	0.472	0.516	0.560	0.603	0.647	0.691					
45.0	0.417	0.467	0.518	0.568	0.618	0.668	0.718	0.769					
48.0		0.509	0.566	0.623	0.680	0.737	0.795	0.852	0.909				
51.0		0.553	0.618	0.682	0.747	0.811	0.876	0.940	1.005				
54.0		0.600	0.672	0.745	0.817	0.889	0.961	1.034	1.106				
57.0		0.649	0.730	0.811	0.891	0.972	1.052	1.133	1.213				
60.0		0.702	0.791	0.880	0.970	1.059	1.148	1.237	1.327				
63.0			0.855	0.953	1.052	1.150	1.249	1.347	1.446	1.544			
66.0			0.922	1.030	1.138	1.246	1.354	1.462	1.570	1.678			
69.0			0.993	1.111	1.229	1.347	1.465	1.583	1.701	1.819			
72.0			1.066	1.195	1.323	1.452	1.580	1.709	1.837	1.966			
75.0			1.143	1.282	1.422	1.561	1.701	1.840	1.980	2.119			
78.0				1.373	1.524	1.675	1.826	1.977	2.127	2.278	2.429		
81.0				1.468	1.630	1.793	1.956	2.119	2.281	2.444	2.607		
84.0				1.566	1.741	1.916	2.091	2.266	2.441	2.616	2.791		
87.0				1.668	1.855	2.043	2.231	2.419	2.606	2.794	2.982		
90.0				1.773	1.974	2.175	2.376	2.577	2.777	2.978	3.179		
93.0				1.882	2.096	2.311	2.525	2.740	2.954	3.169	3.383		
96.0					2.223	2.452	2.680	2.909	3.137	3.366	3.594	3.823	
99.0					2.354	2.597	2.840	3.083	3.326	3.569	3.812	4.055	
102.0					2.488	2.746	3.004	3.262	3.520	3.778	4.036	4.294	
105.0					2.627	2.900	3.174	3.447	3.720	3.994	4.267	4.541	
108.0					2.769	3.059	3.348	3.637	3.926	4.216	4.505	4.794	
111.0					2.916	3.222	3.527	3.833	4.138	4.444	4.749	5.055	
114.0						3.389	3.711	4.034	4.356	4.678	5.001	5.323	
117.0						3.561	3.900	4.240	4.579	4.919	5.258	5.598	5.937
120.0						3.737	4.094	4.451	4.809	5.166	5.523	5.880	6.237

QUADRO (15): Tabela de volume comercial sem casca para a espécie florestal Cedro

LOCAL: EXTREMO OESTE PARANAENSE

- ESPECIE: CEDRO

$$VOLUME SEM CASCA = 0.104 + 0.0000248 * D^2 * H$$

A L T U R A (M)

DAP (CM)	5.0	6.0	7.0	8.0	9.0	10.0	11.0	12.0	13.0	14.0	15.0	16.0	17.0
15.0	0.132	0.137	0.143	0.149	0.154								
18.0	0.144	0.152	0.160	0.168	0.176								
21.0	0.159	0.170	0.181	0.191	0.202	0.213							
24.0	0.175	0.190	0.204	0.218	0.233	0.247							
27.0	0.194	0.212	0.231	0.249	0.267	0.285	0.303						
30.0	0.216	0.238	0.260	0.283	0.305	0.327	0.350						
33.0	0.239	0.266	0.293	0.320	0.347	0.374	0.401						
36.0	0.265	0.297	0.329	0.361	0.393	0.425	0.458	0.490					
39.0	0.293	0.330	0.368	0.406	0.443	0.481	0.519	0.557					
42.0	0.323	0.366	0.410	0.454	0.498	0.541	0.585	0.629					
45.0	0.355	0.405	0.456	0.506	0.556	0.606	0.656	0.707					
48.0		0.447	0.504	0.561	0.618	0.675	0.733	0.790	0.847				
51.0		0.491	0.556	0.620	0.685	0.749	0.814	0.878	0.943				
54.0		0.538	0.610	0.683	0.755	0.827	0.899	0.972	1.044				
57.0		0.587	0.668	0.749	0.829	0.910	0.990	1.071	1.151				
60.0		0.640	0.729	0.818	0.908	0.997	1.086	1.175	1.265				
63.0			0.793	0.891	0.990	1.088	1.187	1.285	1.384	1.482			
66.0			0.860	0.968	1.076	1.184	1.292	1.400	1.508	1.616			
69.0			0.931	1.049	1.167	1.285	1.403	1.521	1.639	1.757			
72.0			1.004	1.133	1.261	1.390	1.518	1.647	1.775	1.904			
75.0			1.081	1.220	1.360	1.499	1.639	1.778	1.918	2.057			
78.0				1.311	1.462	1.613	1.764	1.915	2.065	2.216	2.367		
81.0				1.406	1.568	1.731	1.894	2.057	2.219	2.382	2.545		
84.0				1.504	1.679	1.854	2.029	2.204	2.379	2.554	2.729		
87.0				1.606	1.793	1.981	2.169	2.357	2.544	2.732	2.920		
90.0				1.711	1.912	2.113	2.314	2.515	2.715	2.916	3.117		
93.0				1.820	2.034	2.249	2.463	2.678	2.892	3.107	3.321		
96.0					2.161	2.390	2.618	2.847	3.075	3.304	3.532	3.761	
99.0					2.292	2.535	2.778	3.021	3.264	3.507	3.750	3.993	
102.0					2.426	2.684	2.942	3.200	3.458	3.716	3.974	4.232	
105.0					2.565	2.838	3.112	3.385	3.658	3.932	4.205	4.479	
108.0					2.707	2.997	3.286	3.575	3.864	4.154	4.443	4.732	
111.0					2.854	3.160	3.465	3.771	4.076	4.382	4.687	4.993	
114.0						3.327	3.649	3.972	4.294	4.616	4.939	5.261	
117.0						3.499	3.838	4.178	4.517	4.857	5.196	5.536	5.875
120.0						3.675	4.032	4.389	4.747	5.104	5.461	5.818	6.175

QUADRO (16): Tabela de volume comercial sem casca para a espécie florestal Pau-marfim

LOCAL: EXTREMO OESTE PARANAENSE

- ESPECIE: PAU MARFIM

VOLUME SEM CASCA = $0.063 + 0.0000255 \cdot D^2 \cdot H$

=====													
A L T U R A (M)													
DAP (CM)	5.0	6.0	7.0	8.0	9.0	10.0	11.0	12.0	13.0	14.0	15.0	16.0	17.0

15.0	0.092	0.097	0.103	0.109	0.115								
18.0	0.104	0.113	0.121	0.129	0.137								
21.0	0.119	0.130	0.142	0.153	0.164	0.175							
24.0	0.136	0.151	0.166	0.181	0.195	0.210							
27.0	0.156	0.175	0.193	0.212	0.230	0.249	0.267						
30.0	0.178	0.201	0.224	0.247	0.270	0.293	0.315						
33.0	0.202	0.230	0.257	0.285	0.313	0.341	0.368						
36.0	0.228	0.261	0.294	0.327	0.360	0.393	0.427	0.460					
39.0	0.257	0.296	0.334	0.373	0.412	0.451	0.490	0.528					
42.0	0.288	0.333	0.378	0.423	0.468	0.513	0.558	0.603					
45.0	0.321	0.373	0.424	0.476	0.528	0.579	0.631	0.683					
48.0		0.416	0.474	0.533	0.592	0.651	0.709	0.768	0.827				
51.0		0.461	0.527	0.594	0.660	0.726	0.793	0.859	0.925				
54.0		0.509	0.584	0.658	0.732	0.807	0.881	0.955	1.030				
57.0		0.560	0.643	0.726	0.809	0.891	0.974	1.057	1.140				
60.0		0.614	0.706	0.797	0.889	0.981	1.073	1.165	1.256				
63.0			0.771	0.873	0.974	1.075	1.176	1.278	1.379	1.480			
66.0			0.841	0.952	1.063	1.174	1.285	1.396	1.507	1.618			
69.0			0.913	1.034	1.156	1.277	1.398	1.520	1.641	1.763			
72.0			0.988	1.121	1.253	1.385	1.517	1.649	1.781	1.914			
75.0			1.067	1.211	1.354	1.497	1.641	1.784	1.928	2.071			
78.0				1.304	1.459	1.614	1.770	1.925	2.080	2.235	2.390		
81.0				1.401	1.569	1.736	1.903	2.071	2.238	2.405	2.573		
84.0				1.502	1.682	1.862	2.042	2.222	2.402	2.582	2.762		
87.0				1.607	1.800	1.993	2.186	2.379	2.572	2.765	2.958		
90.0				1.715	1.922	2.129	2.335	2.542	2.748	2.955	3.161		
93.0				1.827	2.048	2.268	2.489	2.710	2.930	3.151	3.371		
96.0					2.178	2.413	2.648	2.883	3.118	3.353	3.588	3.823	
99.0					2.312	2.562	2.812	3.062	3.312	3.562	3.812	4.062	
102.0					2.451	2.716	2.981	3.247	3.512	3.777	4.043	4.308	
105.0					2.593	2.874	3.156	3.437	3.718	3.999	4.280	4.561	
108.0					2.740	3.037	3.335	3.632	3.930	4.227	4.524	4.822	
111.0					2.891	3.205	3.519	3.833	4.147	4.462	4.776	5.090	
114.0						3.377	3.708	4.040	4.371	4.703	5.034	5.365	
117.0						3.554	3.903	4.252	4.601	4.950	5.299	5.648	5.997
120.0						3.735	4.102	4.469	4.837	5.204	5.571	5.938	6.305
=====													

QUADPO (17): Tabela de volume comercial sem casca para a espécie florestal Canela

LOCAL: EXTREMO OESTE PARANAENSE

- ESPECIE: CANELAS

VOLUME SEM CASCA = $0.055 + 0.0000257 * D^2 * H$

=====													
A L T U R A (M)													
DAP (CM)	5.0	6.0	7.0	8.0	9.0	10.0	11.0	12.0	13.0	14.0	15.0	16.0	17.0
15.0	0.084	0.090	0.095	0.101	0.107								
18.0	0.097	0.105	0.113	0.122	0.130								
21.0	0.112	0.123	0.134	0.146	0.157	0.168							
24.0	0.129	0.144	0.159	0.173	0.188	0.203							
27.0	0.149	0.167	0.186	0.205	0.224	0.242	0.261						
30.0	0.171	0.194	0.217	0.240	0.263	0.286	0.309						
33.0	0.195	0.223	0.251	0.279	0.307	0.335	0.363						
36.0	0.222	0.255	0.288	0.321	0.355	0.388	0.421	0.455					
39.0	0.250	0.290	0.329	0.368	0.407	0.446	0.485	0.524					
42.0	0.282	0.327	0.372	0.418	0.463	0.508	0.554	0.599					
45.0	0.315	0.367	0.419	0.471	0.523	0.575	0.627	0.680					
48.0		0.410	0.469	0.529	0.588	0.647	0.706	0.766	0.825				
51.0		0.456	0.523	0.590	0.657	0.723	0.790	0.857	0.924				
54.0		0.505	0.580	0.655	0.729	0.804	0.879	0.954	1.029				
57.0		0.556	0.639	0.723	0.806	0.890	0.973	1.057	1.140				
60.0		0.610	0.703	0.795	0.888	0.980	1.073	1.165	1.258				
63.0			0.769	0.871	0.973	1.075	1.177	1.279	1.381	1.483			
66.0			0.839	0.951	1.063	1.174	1.286	1.398	1.510	1.622			
69.0			0.912	1.034	1.156	1.279	1.401	1.523	1.646	1.768			
72.0			0.988	1.121	1.254	1.387	1.521	1.654	1.787	1.920			
75.0			1.067	1.212	1.356	1.501	1.645	1.790	1.934	2.079			
78.0				1.306	1.462	1.619	1.775	1.931	2.088	2.244	2.400		
81.0				1.404	1.573	1.741	1.910	2.078	2.247	2.416	2.584		
84.0				1.506	1.687	1.868	2.050	2.231	2.412	2.594	2.775		
87.0				1.611	1.806	2.000	2.195	2.389	2.584	2.778	2.973		
90.0				1.720	1.929	2.137	2.345	2.553	2.761	2.969	3.178		
93.0				1.833	2.056	2.278	2.500	2.722	2.945	3.167	3.389		
96.0					2.187	2.424	2.660	2.897	3.134	3.371	3.608	3.845	
99.0					2.322	2.574	2.826	3.078	3.330	3.581	3.833	4.085	
102.0					2.461	2.729	2.996	3.264	3.531	3.798	4.066	4.333	
105.0					2.605	2.888	3.172	3.455	3.738	4.022	4.305	4.588	
108.0					2.753	3.053	3.352	3.652	3.952	4.252	4.551	4.851	
111.0					2.905	3.221	3.538	3.855	4.171	4.488	4.805	5.121	
114.0						3.395	3.729	4.063	4.397	4.731	5.065	5.399	
117.0						3.573	3.925	4.277	4.628	4.980	5.332	5.684	6.036
120.0						3.756	4.126	4.496	4.866	5.236	5.606	5.976	6.346
=====													

QUADRO (18): Tabela de volume comercial com casca para a espécie florestal Canafístula

LOCAL: EXTREMO OESTE PARANAENSE

- ESPECIE: CANAFISTULA

$$VOLUME\ COM\ CASCA = 0.210 + 0.0000259 * D^2 * H$$

=====													
A L T U R A (M)													
DAP (CM)	5.0	6.0	7.0	8.0	9.0	10.0	11.0	12.0	13.0	14.0	15.0	16.0	17.0

15.0	0.232	0.245	0.251	0.257	0.262								
18.0	0.252	0.260	0.269	0.277	0.286								
21.0	0.267	0.279	0.290	0.301	0.313	0.324							
24.0	0.285	0.300	0.314	0.329	0.344	0.359							
27.0	0.304	0.323	0.342	0.361	0.380	0.399	0.418						
30.0	0.327	0.350	0.373	0.396	0.420	0.443	0.466						
33.0	0.351	0.379	0.407	0.436	0.464	0.492	0.520						
36.0	0.378	0.411	0.445	0.479	0.512	0.546	0.579	0.613					
39.0	0.407	0.446	0.486	0.525	0.565	0.604	0.643	0.683					
42.0	0.438	0.484	0.530	0.576	0.621	0.667	0.713	0.758					
45.0	0.472	0.525	0.577	0.630	0.682	0.734	0.787	0.839					
48.0		0.568	0.628	0.687	0.747	0.807	0.866	0.926	0.986				
51.0		0.614	0.682	0.749	0.816	0.884	0.951	1.018	1.086				
54.0		0.663	0.739	0.814	0.890	0.965	1.041	1.116	1.192				
57.0		0.715	0.799	0.883	0.967	1.051	1.136	1.220	1.304				
60.0		0.769	0.863	0.956	1.049	1.142	1.236	1.329	1.422				
63.0			0.930	1.032	1.135	1.238	1.341	1.444	1.546	1.649			
66.0			1.000	1.113	1.225	1.338	1.451	1.564	1.677	1.789			
69.0			1.073	1.196	1.320	1.443	1.566	1.690	1.813	1.936			
72.0			1.150	1.284	1.418	1.553	1.687	1.821	1.955	2.090			
75.0			1.230	1.376	1.521	1.667	1.813	1.958	2.104	2.250			
78.0				1.471	1.628	1.786	1.943	2.101	2.258	2.416	2.574		
81.0				1.569	1.739	1.909	2.079	2.249	2.419	2.589	2.759		
84.0				1.672	1.855	2.038	2.220	2.403	2.586	2.769	2.951		
87.0				1.778	1.974	2.170	2.366	2.562	2.758	2.955	3.151		
90.0				1.888	2.098	2.308	2.518	2.727	2.937	3.147	3.357		
93.0				2.002	2.226	2.450	2.674	2.898	3.122	3.346	3.570		
96.0					2.358	2.597	2.836	3.074	3.313	3.552	3.790	4.029	
99.0					2.495	2.748	3.002	3.256	3.510	3.764	4.018	4.272	
102.0					2.635	2.905	3.174	3.444	3.713	3.982	4.252	4.521	
105.0					2.780	3.065	3.351	3.637	3.922	4.208	4.493	4.779	
108.0					2.929	3.231	3.533	3.835	4.137	4.439	4.741	5.044	
111.0					3.082	3.401	3.720	4.039	4.358	4.676	4.997	5.316	
114.0						3.576	3.913	4.249	4.586	4.922	5.259	5.596	
117.0						3.755	4.110	4.465	4.819	5.174	5.528	5.883	6.237
120.0						3.940	4.313	4.686	5.058	5.431	5.804	6.177	6.550
=====													

QUADRO (19): Tabela de volume comercial com casca para a espécie florestal Cedro

LOCAL: EXTREMO OESTE PARANAENSE

- ESPECIE: CEDRO

VOLUME COM CASCA = $0.144 + 0.0000280 \cdot D^2 \cdot H$

DAP (CM)	A L T U R A (M)												
	5.0	6.0	7.0	8.0	9.0	10.0	11.0	12.0	13.0	14.0	15.0	16.0	17.0
15.0	0.176	0.182	0.188	0.194	0.201								
18.0	0.189	0.198	0.208	0.217	0.226								
21.0	0.206	0.218	0.230	0.243	0.255	0.267							
24.0	0.225	0.241	0.257	0.273	0.289	0.305							
27.0	0.246	0.266	0.287	0.307	0.328	0.348	0.369						
30.0	0.270	0.295	0.320	0.346	0.371	0.396	0.421						
33.0	0.296	0.327	0.357	0.388	0.418	0.449	0.479						
36.0	0.325	0.362	0.398	0.434	0.471	0.507	0.543	0.579					
39.0	0.357	0.400	0.442	0.485	0.527	0.570	0.612	0.655					
42.0	0.391	0.440	0.490	0.539	0.589	0.638	0.687	0.737					
45.0	0.428	0.484	0.541	0.598	0.654	0.711	0.768	0.824					
48.0		0.531	0.596	0.660	0.725	0.789	0.854	0.918	0.983				
51.0		0.581	0.654	0.727	0.799	0.872	0.945	1.018	1.091				
54.0		0.634	0.716	0.797	0.879	0.960	1.042	1.124	1.205				
57.0		0.690	0.781	0.872	0.963	1.054	1.145	1.236	1.327				
60.0		0.749	0.850	0.950	1.051	1.152	1.253	1.354	1.454				
63.0			0.922	1.033	1.144	1.255	1.366	1.478	1.589	1.700			
66.0			0.998	1.120	1.242	1.364	1.486	1.608	1.730	1.852			
69.0			1.077	1.210	1.344	1.477	1.610	1.744	1.877	2.010			
72.0			1.160	1.305	1.450	1.596	1.741	1.886	2.031	2.176			
75.0			1.247	1.404	1.562	1.719	1.877	2.034	2.192	2.349			
78.0				1.507	1.677	1.848	2.018	2.188	2.359	2.529	2.699		
81.0				1.614	1.797	1.981	2.165	2.348	2.532	2.716	2.900		
84.0				1.725	1.922	2.120	2.317	2.515	2.712	2.910	3.108		
87.0				1.839	2.051	2.263	2.475	2.687	2.899	3.111	3.323		
90.0				1.958	2.185	2.412	2.639	2.866	3.092	3.319	3.546		
93.0				2.081	2.324	2.566	2.808	3.050	3.292	3.534	3.777		
96.0					2.466	2.724	2.983	3.241	3.499	3.757	4.015	4.273	
99.0					2.614	2.888	3.163	3.437	3.712	3.986	4.260	4.535	
102.0					2.766	3.057	3.348	3.640	3.931	4.222	4.514	4.805	
105.0					2.922	3.231	3.540	3.848	4.157	4.466	4.775	5.083	
108.0					3.083	3.410	3.737	4.063	4.390	4.716	5.043	5.369	
111.0					3.249	3.594	3.939	4.284	4.629	4.974	5.319	5.664	
114.0						3.783	4.147	4.511	4.875	5.238	5.602	5.966	
117.0						3.977	4.360	4.744	5.127	5.510	5.893	6.277	6.660
120.0						4.176	4.579	4.982	5.386	5.789	6.192	6.595	6.998

QUADRO (20): Tabela de volume comercial com casca para a espécie florestal Pau-marfim

LOCAL: EXTREMO OESTE PARANAENSE

- ESPECIE: PAU MARFIM

VOLUME COM CASCA = $0.084 + 0.0000291 \cdot D^2 \cdot H$

DAP (CM)	A L T U R A (M)												
	5.0	6.0	7.0	8.0	9.0	10.0	11.0	12.0	13.0	14.0	15.0	16.0	17.0
15.0	0.117	0.123	0.130	0.136	0.143								
18.0	0.131	0.141	0.150	0.159	0.169								
21.0	0.148	0.161	0.174	0.187	0.199	0.212							
24.0	0.168	0.185	0.201	0.218	0.235	0.252							
27.0	0.190	0.211	0.232	0.254	0.275	0.296	0.317						
30.0	0.215	0.241	0.267	0.294	0.320	0.346	0.372						
33.0	0.242	0.274	0.306	0.338	0.369	0.401	0.433						
36.0	0.273	0.310	0.348	0.386	0.423	0.461	0.499	0.537					
39.0	0.305	0.350	0.394	0.438	0.482	0.527	0.571	0.615					
42.0	0.341	0.392	0.443	0.495	0.546	0.597	0.649	0.700					
45.0	0.379	0.438	0.496	0.555	0.614	0.673	0.732	0.791					
48.0		0.486	0.553	0.620	0.687	0.754	0.822	0.889	0.956				
51.0		0.538	0.614	0.690	0.765	0.841	0.917	0.992	1.068				
54.0		0.593	0.678	0.763	0.848	0.933	1.017	1.102	1.187				
57.0		0.651	0.746	0.840	0.935	1.029	1.124	1.219	1.313				
60.0		0.713	0.817	0.922	1.027	1.132	1.236	1.341	1.446				
63.0			0.892	1.008	1.123	1.239	1.354	1.470	1.585	1.701			
66.0			0.971	1.098	1.225	1.352	1.478	1.605	1.732	1.859			
69.0			1.054	1.192	1.331	1.469	1.608	1.747	1.885	2.024			
72.0			1.140	1.291	1.442	1.593	1.743	1.894	2.045	2.196			
75.0			1.230	1.394	1.557	1.721	1.885	2.048	2.212	2.376			
78.0				1.500	1.677	1.854	2.031	2.209	2.386	2.563	2.740		
81.0				1.611	1.802	1.993	2.184	2.375	2.566	2.757	2.948		
84.0				1.727	1.932	2.137	2.343	2.548	2.753	2.959	3.164		
87.0				1.846	2.066	2.287	2.507	2.727	2.947	3.168	3.388		
90.0				1.970	2.205	2.441	2.677	2.913	3.148	3.384	3.620		
93.0				2.097	2.349	2.601	2.853	3.104	3.356	3.608	3.859		
96.0					2.498	2.766	3.034	3.302	3.570	3.839	4.107	4.375	
99.0					2.651	2.936	3.221	3.507	3.792	4.077	4.362	4.647	
102.0					2.809	3.112	3.414	3.717	4.020	4.323	4.625	4.928	
105.0					2.971	3.292	3.613	3.934	4.255	4.576	4.896	5.217	
108.0					3.139	3.478	3.818	4.157	4.496	4.836	5.175	5.515	
111.0					3.311	3.669	4.028	4.386	4.745	5.104	5.462	5.821	
114.0						3.866	4.244	4.622	5.000	5.379	5.757	6.135	
117.0						4.067	4.466	4.864	5.263	5.661	6.059	6.458	6.856
120.0						4.274	4.693	5.112	5.532	5.951	6.370	6.789	7.208

QUADRO (21): Tabela de volume comercial com casca para a espécie florestal Canela

LOCAL: EXTREMO OESTE PARANAENSE

ESPECIE: CANELAS

VOLUME COM CASCA = $0.058 + 0.0000288 \cdot D^2 \cdot H$

DAP (CM)	A L T U R A (M)												
	5.0	6.0	7.0	8.0	9.0	10.0	11.0	12.0	13.0	14.0	15.0	16.0	17.0
15.0	0.090	0.097	0.103	0.110	0.116								
18.0	0.103	0.114	0.123	0.133	0.142								
21.0	0.122	0.134	0.147	0.160	0.172	0.185							
24.0	0.141	0.158	0.174	0.191	0.207	0.224							
27.0	0.163	0.184	0.205	0.226	0.247	0.268	0.289						
30.0	0.188	0.214	0.239	0.265	0.291	0.317	0.343						
33.0	0.215	0.246	0.278	0.309	0.340	0.372	0.403						
36.0	0.245	0.282	0.319	0.357	0.394	0.431	0.469	0.506					
39.0	0.277	0.321	0.365	0.408	0.452	0.496	0.540	0.584					
42.0	0.312	0.363	0.414	0.464	0.515	0.566	0.617	0.668					
45.0	0.350	0.408	0.466	0.525	0.583	0.641	0.700	0.758					
48.0		0.456	0.522	0.589	0.655	0.722	0.788	0.854	0.921				
51.0		0.507	0.582	0.657	0.732	0.807	0.882	0.957	1.032				
54.0		0.562	0.646	0.730	0.814	0.898	0.982	1.066	1.150				
57.0		0.619	0.713	0.807	0.900	0.994	1.087	1.181	1.274				
60.0		0.680	0.784	0.887	0.991	1.095	1.198	1.302	1.406				
63.0			0.858	0.972	1.087	1.201	1.315	1.430	1.544	1.658			
66.0			0.936	1.062	1.187	1.313	1.438	1.563	1.689	1.814			
69.0			1.018	1.155	1.292	1.429	1.566	1.703	1.841	1.978			
72.0			1.103	1.252	1.402	1.551	1.700	1.850	1.999	2.148			
75.0			1.192	1.354	1.516	1.678	1.840	2.002	2.164	2.326			
78.0				1.460	1.635	1.810	1.985	2.161	2.336	2.511	2.686		
81.0				1.570	1.759	1.948	2.137	2.325	2.514	2.703	2.892		
84.0				1.684	1.887	2.090	2.293	2.497	2.700	2.903	3.106		
87.0				1.802	2.020	2.238	2.456	2.674	2.892	3.110	3.328		
90.0				1.924	2.158	2.391	2.624	2.857	3.091	3.324	3.557		
93.0				2.051	2.300	2.549	2.798	3.047	3.296	3.545	3.794		
96.0					2.447	2.712	2.978	3.243	3.508	3.774	4.039	4.305	
99.0					2.598	2.881	3.163	3.445	3.727	4.010	4.292	4.574	
102.0					2.755	3.054	3.354	3.654	3.953	4.253	4.553	4.852	
105.0					2.916	3.233	3.551	3.868	4.186	4.503	4.821	5.138	
108.0					3.081	3.417	3.753	4.089	4.425	4.761	5.097	5.433	
111.0					3.252	3.606	3.961	4.316	4.671	5.026	5.381	5.736	
114.0						3.801	4.175	4.549	4.924	5.298	5.672	6.047	
117.0						4.000	4.395	4.789	5.183	5.577	5.972	6.366	6.760
120.0						4.205	4.620	5.035	5.449	5.864	6.279	6.694	7.108